



Facultad de Ciencias de la Computación  
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

---

# DESARROLLO DE ESPACIOS VIRTUALES PARA ENTRENAMIENTO DE LAS ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA

---

Tesis para obtener título de:  
*Ingeniero en Ciencias de la Computación*

Presentada por:  
Carlos Zamora Lara

Asesor:  
Dr. Juan Manuel González Calleros  
Dra. Josefina Guerrero García

*Este trabajo va dedicado a mi familia que es el motor de mi vida. Es especial a mi madre que es mi inspiración, la imagen de firmeza, dedicación y coraje; mi padre que siempre ha estado a mi lado; mis hermanos que me alegran la vida hasta en los momentos más difíciles y mi novia que siempre me ha apoyado e impulsado. También a todos los amigos que hice durante el transcurso de mi vida universitaria.*

*Principalmente un agradecimiento al Dr. Juan Manuel González Calleros y la Dra. Josefina Guerrero García por darme la oportunidad y confianza de poder trabajar en este proyecto. Gracias a la Facultad de Ciencias de la Computación que me formo como profesional.*

*Agradezco a mi familia que siempre me ha dado su incondicional apoyo y jamás han dudado de mí. Mi madre Julia Lara Rosete, mi padre Carlos Zamora Corona y mis hermanos Wendy y Diego Zamora Lara. Gracias a mí novia Karina Romero Meneses que siempre me impulso en mi trabajo.*

*Un gracias a todos los amigos que hice durante mi vida universitaria por darme su apoyo, cariño y sincera amistad.*

*Agradecemos el apoyo del proyecto PROMEP bajo referencia 103.5/12/8136 que nos ayudó en la realización de este trabajo.*

*También, agradezco la asesoría, consejos y recomendaciones del Dr. Jaime Rebollo Vázquez de la facultad de fisioterapia de Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, su aportación fue muy valiosa para enfocar este trabajo.*

## Contenido

RESUMEN .....	1
ABSTRACT.....	3
Capítulo 1. INTRODUCCIÓN .....	4
1.1 MOTIVACIÓN Y JUSTIFICACIÓN .....	4
1.2 OBJETIVOS .....	5
1.2.1 Objetivo general.....	5
1.2.2 Objetivos específicos.....	5
1.3 MARCO CONCEPTUAL .....	6
Rehabilitación cognitiva .....	6
Juegos serios (SG).....	6
Interfaz natural de usuario (NUI) .....	6
Realidad Virtual (VR) .....	6
1.4 MAPA DE LECTURA DE LA TESIS.....	6
Capítulo 2. ESTADO DEL ARTE .....	8
2.1 INTRODUCCIÓN .....	8
2.2 REHABILITACIÓN COGNITIVA .....	8
2.2.1 Aproximaciones de la rehabilitación cognitiva .....	8
2.2.2 Terapias convencionales de la rehabilitación cognitiva.....	9
2.3 CRITERIOS PARA EL DESARROLLO DE VIDEOJUEGOS DEDICADOS A LA REHABILITACIÓN COGNITIVA .....	13
2.3.1 Antecedentes .....	13
2.3.2 Criterios obtenidos de observación en terapias de rehabilitación en vivo.....	15
2.3.3 Propuesta de criterios para el desarrollo de videojuegos con enfoque a la rehabilitación cognitiva a través de entornos virtuales.....	15
2.4 APLICACIONES CON OBJETIVOS EN EL AREA COGNITIVA .....	16
2.4.1 Body and Brain Connection.....	16
2.4.2 Brain Age: Train Your Brain in Minutes a Day!.....	17
2.4.3 CARP-VR (Computer Assisted Rehabilitation Program-Virtual Reality) .....	18
2.4.4 Kinempt .....	20
2.4.5 Kimentia .....	20
2.4.6 SmartBrain PRO.....	21
2.4.7 VIRCOG (VIRtual COGNitive System) .....	22

2.5	COMPARACIÓN DE APLICACIONES CON APROXIMACIONES, CRITERIOS Y TECNOLOGÍA.	23
2.6	CONCLUSIONES .....	24
Capítulo 3.	METODOLOGÍA.....	26
Capítulo 4.	SOLUCIÓN PARA EL DESARROLLO DE ESPACIOS VIRTUALES PARA ENTRENAMIENTO DE LAS ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA.....	29
4.1	INTRODUCCIÓN .....	29
4.2	DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN .....	29
4.2.1	Sistema base.....	29
4.2.2	Juego de memorización de objetos.....	45
4.2.3	Juego de reentrenamiento de actividades (Bañarse) .....	47
Capítulo 5.	CONCLUSIONES .....	55
5.1	TRABAJO FUTURO .....	56
BIBLIOGRAFÍA.....		59
APÉNDICE .....		<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## Índice de figuras

Figura 1 Propuesta de Sardinero Peña, Taller de atención: repetición. ....	10
Figura 2 Propuesta de Sardinero Peña, Taller de funciones ejecutivas: ordenar acciones. ....	11
Figura 3 Propuesta de Sardinero Peña, Taller de lenguaje: Ordenar frases. ....	11
Figura 4 Propuesta de Sardinero Peña, Taller de memoria: Memoria de rostros. ....	12
Figura 5 Propuesta de Sardinero Peña, Taller de percepción: Colores. ....	12
Figura 6 Propuesta de Sardinero Peña, Taller de lectoescritura y visoconstrucción: Dibujos de objetos reales. ....	13
Figura 7 Microsoft Kinect e interacción .....	16
Figura 8 Kinect Body and Brain Connection, juegos y seguimiento de resultados. ....	17
Figura 9 Nintendo DS .....	18
Figura 10 Brain Age: Train Your Brain in Minutes a Day, juegos. ....	18
Figura 11 Arquitectura del sistema CARP-VR. ....	19
Figura 12 CARP-VR Player: Cocina. CAPR-VR Editor: Supermercado. ....	19
Figura 13 Kinempt, aplicación en una pizzería. ....	20
Figura 14 Kimentia, Arquitectura: Modelo de capas. ....	21
Figura 15 Kimentia, Rastreo de usuario y juego de asociación. ....	21
Figura 16 SmartBrain PRO, juegos de memoria, atención y reconocimiento. ....	22
Figura 17 VIRCOG: (A) Caminando en la calle, (B) Comprando en el supermercado .....	23
Figura 18 Metodología de desarrollo. ....	26
Figura 19 Marco de referencia Cameleon. ....	28
Figura 20 YAWL Notación. ....	33
Figura 21 Modelado de tareas de alto nivel del sistema base. ....	34
Figura 22 Modelado de tareas de bajo nivel del sistema base: Acceder sistema. ....	34
Figura 23 Modelado de tareas de bajo nivel del sistema base: Alta paciente. ....	35
Figura 24 Modelado de tareas de bajo nivel del sistema base: Alta terapeuta. ....	35
Figura 25 Modelado de tareas de bajo nivel del sistema base: Asignar juego (i) .....	35
Figura 26 Modelado de tareas de bajo nivel del sistema base: Asignar juego (ii) .....	36
Figura 27 Modelado de tareas de bajo nivel del sistema base: Editar paciente. ....	36
Figura 28 De modelos de alto nivel a AUI: Sistema Base .....	37
Figura 29 De modelos de bajo nivel a AUI del sistema base: Acceder sistema .....	37
Figura 30 De modelos de bajo nivel a AUI del sistema base: Alta paciente .....	38
Figura 31 De modelos de bajo nivel a AUI del sistema base: Alta terapeuta .....	38
Figura 32 De modelos de bajo nivel a AUI del sistema base: Asignar juego .....	38
Figura 33 De modelos de bajo nivel a AUI del sistema base: Editar paciente .....	38
Figura 34 (A) Interfaz gestual de selección. (B) Alineación y desplazamiento de botones. ....	39
Figura 35 Reglas de tamaño para botones en interfaces con Kinect. ....	40
Figura 36 Interfaz de ingresar datos para Kinect. ....	40
Figura 37 CUI del sistema base: Acceder sistema .....	40
Figura 38 Interfaz de deslizamiento para Kinect. ....	41
Figura 39 CUI del sistema base: Nuevo paciente .....	41
Figura 40 CUI del sistema base: Nuevo terapeuta .....	42
Figura 41 CUI del sistema base: Asignar juego. ....	42

Figura 42 CUI del sistema base: Editar paciente .....	43
Figura 43 CUI del sistema base: Lista de juegos.....	43
Figura 44 CUI del sistema base: Lista de pacientes.....	44
Figura 45 CUI del sistema base: Menú paciente .....	44
Figura 46 CUI del sistema base: Menú terapeuta .....	45
Figura 47 CUI del sistema base: Progreso del paciente .....	45
Figura 48 Modelado de tareas de alto nivel del juego de memorización de objetos.....	46
Figura 49 De modelo de alto nivel a AUI: Memorización de objetos.....	47
Figura 50 CUI del juego de memorización de objetos. ....	47
Figura 51 Modelado de tareas de alto nivel del juego de reentrenamiento. ....	49
Figura 52 Modelado de tareas de bajo nivel del juego reentrenamiento: Shampoo .....	49
Figura 53 Modelado de tareas de bajo nivel del juego reentrenamiento: Enjabonarse .....	49
Figura 54 De modelo de alto nivel a AUI: Reentrenamiento. ....	50
Figura 55 De modelos de bajo nivel a AUI del juego reentrenamiento: Shampoo.....	50
Figura 56 De modelos de bajo nivel a AUI del juego reentrenamiento: Enjabonarse. ....	50
Figura 57 Interfaces gestuales para Kinect: (A) Gesto de aprendizaje (B) Gesto estático (C) Gesto dinámico (D) Gesto continuo. ....	51
Figura 58 CUI del juego de reentrenamiento: Abrir llave fría, Abrir llave caliente.....	53
Figura 59 CUI del juego de reentrenamiento: Cerrar llave fría, Cerrar llave caliente.....	53
Figura 60 CUI del juego de reentrenamiento: Shampoo. ....	54
Figura 61 CUI del juego de reentrenamiento: enjabonarse.....	54
Figura 62 Unity3D + Zigfu + Kinect .....	57
Figura 63 Entorno virtual del baño para la memorización de objetos.....	57
Figura 64 Entorno virtuales para el juego de reentrenamiento bañarse.....	58

## Índice de cuadros

Tabla 1 Propuesta de Sardinero Peña para la rehabilitación cognitiva. ....	9
Tabla 2 Propuesta de la Universitat Oberta de Catalunya para la rehabilitación cognitiva. ....	13
Tabla 3 Criterios para el desarrollo de videojuegos con fines terapéuticos propuestos por González y Muñoz.....	13
Tabla 4 Taxonomía de criterios para el desarrollo de ambientes virtuales propuesto por Oropeza Salas.....	14
Tabla 5 Criterios para una rehabilitación eficaz propuestos por Mateer. ....	14
Tabla 6 Lista de criterios propuestos para el desarrollo de videojuegos con enfoque a la rehabilitación cognitiva a través de entornos virtuales.....	15
Tabla 7 Comparación de aplicaciones vs aproximaciones .....	23
Tabla 8 Comparación de aplicaciones vs criterios (i) .....	24
Tabla 9 Comparación de aplicaciones vs criterios (ii) .....	24
Tabla 10 Comparación de aplicaciones vs tecnología .....	24
Tabla 11 Identificación de tareas del sistema base. ....	30
Tabla 12 Notación de la transformación de modelos a AUI .....	36
Tabla 13 Identificación de tareas del juego de memorización de objetos .....	46
Tabla 14 Identificación de tareas del juego de reentrenamiento.....	48
Tabla 15 Juego de reentrenamiento: mapeo de modelo de alto nivel a interfaz gestual. ....	51
Tabla 16 Juego de reentrenamiento: mapeo de modelo de bajo nivel a interfaz gestual. ....	52
Tabla 17 Notación para interfaces de gestos.....	52
Tabla 18 Comparación de la solución vs las aproximaciones.....	55
Tabla 19 Comparación de la solución vs criterios (i).....	56
Tabla 20 Comparación de la solución vs criterios (ii).....	56
Tabla 21 Comparación de la solución vs tecnología.....	56

## RESUMEN

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define a las caídas como “acontecimientos involuntarios que hacen perder el equilibrio y dar con el cuerpo en tierra u otra superficie firme que lo detenga”. Con base en datos de la OMS, actualmente se registran aproximadamente 37,3 millones de accidentes relacionados a las caídas por año cuya gravedad requiere mínimamente de atención médica. En México de acuerdo a información del Centro Nacional para la Prevención de Accidentes (CENAPRA) este tipo de percances se presentan principalmente en el hogar. Las causas que los provocan pueden ser obstáculos, pisos resbaladizos, alfombras sueltas, iluminación deficiente, calzado inadecuado, juguetes, lazos, ropa tirada, falta de protección en las ventanas, muebles en mal estado, entre otras. Aunque los accidentes por caídas pueden llegar a ser mortales (son mundialmente la segunda causa de muerte por lesiones accidentales), en la mayoría de los casos no lo son. No obstante se producen secuelas de tipo fisiológico y/o psicológico. Secuelas que van desde pérdida de conocimiento del sonido, movimiento, tacto, color, desarrollo del lenguaje, imaginación e imitación, lentificación del control postural, disminución de la agudeza visual, manipulación de objetos.

Las intervenciones para una rehabilitación cognitiva se abordan de acuerdo a los objetivos que se tienen con el paciente, por ejemplo restauración, compensación, modificaciones ambientales, etc. Actualmente los terapeutas siguen basando sus tratamientos en los métodos convencionales como los propuestos por Sardinero Peña o los de la Universitat Oberta de Catalunya. Aunque no se pone en duda los progresos y logros que se obtienen por medio de esta práctica, también es cierto que no cumple con una reintegración total del paciente a su entorno cotidiano. Este objetivo de reintegración es mayormente atendido gracias a la tecnología, principalmente a través de juegos serios. Para ello existe diversidad de criterios y recomendaciones para el desarrollo de juegos dedicados a la rehabilitación por ordenador pero que no están enfocados al perfil cognitivo. La propuesta de criterios en este trabajo para el desarrollo de entornos virtuales conjunta las distintas perspectivas, complementando con observaciones para formular una guía a la solución que atienda la necesidad.

El desarrollo de entornos virtuales enfrenta crecientes dificultades que han sido atacadas usando el paradigma basado en modelos (MDA por sus siglas en inglés), este paradigma contempla cuatro componentes básicos para el desarrollo de sistemas interactivos: modelos, lenguaje, software y enfoque. El desarrollo transformacional de la interfaz de usuario encuentra sus motivaciones en el concepto de heterogeneidad de los sistemas de información. En este caso, la heterogeneidad se refiere a la variedad de contextos de uso para los que se ha diseñado una interfaz de usuario. Esta heterogeneidad hace hincapié en la necesidad de poder contar con la abstracción de los detalles pertinentes a los contextos específicos. A partir de estas abstracciones, es posible obtener representaciones específicas. La ventaja de acceder a dichas representaciones es ser capaces de razonar sobre un modelo único (de tareas) y obtener muchas interfaces de usuario diferentes.

Este trabajo propone un sistema base considerando los criterios sugeridos. Dicha propuesta tendrá la capacidad de ser modular para en un futuro poder integrar juegos a su colección. Se encuentra dividida en su sistema base que representa parte administrativa; también, la otra parte que son los juegos enfocados a la rehabilitación cognitiva. Se propone la solución para un juego de

## DESARROLLO DE ESPACIOS VIRTUALES PARA ENTRENAMIENTO DE LAS ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA

memorización de objetos y otro de reentrenamiento de actividades. Estos juegos están en parte basados en propuesta de Sardinero Peña. Se especifican las etapas de desarrollo basadas en la metodología Cameleon, desde la especificación del problema, la identificación de tareas, el modelado de tareas y su transformación a interfaces abstractas y concretas.

## ABSTRACT

The World Health Organization (WHO) defines falls as "involuntary events that make lose balance and hit the body to the ground or other firm surface to stop it". Based on WHO data, currently there are approximately 37.3 million related accidents per year to falls which gravity requires minimally medical attention. In Mexico, according to information from the National Center for the Prevention of Accidents (CENAPRA) this kind of mishaps occur primarily in the home. The underlying causes can be obstacles, slippery floors, loose rugs, poor lighting, improper footwear, toys, ties, clothes lying, lack of protection on windows, shabby furniture, among others. Although fall accidents can be fatal (are world's second leading cause of unintentional injury death), in most cases they are not. However there are sequels, physiological and/or psychological. After effects ranging from loss of consciousness of sound, movement, touch, color, language development, imagination and imitation, slowing of postural control, decreased visual acuity and object manipulation.

Interventions for cognitive rehabilitation are addressed according to the goals they have with the patient, e.g. restoration, compensation, environment modifications, etc. Therapists currently still base their treatments in conventional methods as proposed by Sardinero Peña or those of the Universitat Oberta of Catalunya. Although is not questioned the progress and achievements obtained through this practice, it is also true that does not comply with a total patient reintegration to their everyday environment. This goal of reintegration is mostly staffed by technology, mainly through serious games. For this, there is diversity of views and recommendations for the development of rehabilitation games dedicated to computer but are not focused on the cognitive profile. The criteria proposed in this thesis for the development of virtual environments joints different perspectives, complemented by observations to formulate a guide to the solution that attends the need.

The development of virtual environments encounters increasing difficulties that have been attacked using the model-based paradigm (MDA for its acronym in English), this paradigm includes four basic components for the development of interactive systems: models, language, software and focus. Transformational development of the user interface is their motivation in the concept of heterogeneous information systems. In this case, the heterogeneity relates to the variety of contexts of use for which it is designed user interface. This heterogeneity emphasizes the need to count with the abstraction of details relevant to specific contexts. From these abstractions, it is possible to obtain specific representations. The advantage of accessing these representations is to be able to reason about a single model (task) and get many different user interfaces.

This thesis proposes a base system considering the suggested criteria. This proposal will have the ability to be modular so in the future integrate games to the collection. It is divided into the base system which represents the administrative part, also, the other party games that are focused on cognitive rehabilitation. It is proposed a solution for a game of memorizing a set of objects and another of retraining activities. These games are based partly on Peña Sardinero proposal. It specifies the stages of development methodology based on the Cameleon, from the specification of the problem, identifying tasks, modeling tasks and their transformation into abstract and concrete interfaces.

## Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 MOTIVACIÓN Y JUSTIFICACIÓN

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define a las caídas como “acontecimientos involuntarios que hacen perder el equilibrio y dar con el cuerpo en tierra u otra superficie firme que lo detenga”. Con base en datos de la OMS, actualmente se registran aproximadamente 37,3 millones de accidentes relacionados a las caídas por año cuya gravedad requiere mínimamente de atención médica (OMS, 2012). En México de acuerdo a información del Centro Nacional para la Prevención de Accidentes (CENAPRA) este tipo de percances se presentan principalmente en el hogar. Las causas que los provocan pueden ser obstáculos, pisos resbaladizos, alfombras sueltas, iluminación deficiente, calzado inadecuado, juguetes, lazos, ropa tirada, falta de protección en las ventanas, muebles en mal estado, entre otras (Gómez Bocanegra & Pantoja Meléndez, 2009).

Aunque los accidentes por caídas pueden llegar a ser mortales (son mundialmente la segunda causa de muerte por lesiones accidentales), en la mayoría de los casos no lo son. No obstante se producen secuelas de tipo fisiológico y/o psicológico. Secuelas que van desde pérdida de conocimiento del sonido, movimiento, tacto, color, desarrollo del lenguaje, imaginación e imitación, lentificación del control postural, disminución de la agudeza visual, manipulación de objetos. Además de fracturas, lesiones e inclusive hasta daños que provocan discapacidad (Gómez Bocanegra & Pantoja Meléndez, 2009). Por ejemplo, datos de Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) revelan que en Estados Unidos el mayor porcentaje (35.2%) de personas que sufrieron lesiones cerebrales traumáticas entre el 2002 y 2006 fue debido a caídas. Este tipo de lesiones afectan el funcionamiento normal del cerebro en una gravedad que puede variar de “leve” a “grave” (CDC, 2011). Todos estos factores afectan directamente la parte física y cognitiva de la persona. Asimismo generan inseguridad en los afectados para el desenvolvimiento de sus actividades en los entornos relacionados al accidente.

Desde un enfoque de edad, las personas de la tercera edad representan al grupo que mayormente presenta accidentes por caídas. Esto es provocado por varias circunstancias como son la pérdida de movilidad, equilibrio o visión conforme se adquiere mayor edad y entornos no aptos a las necesidades de esta población. Además en esta edad los huesos son más frágiles lo que permite un mayor riesgo de sufrir fracturas y daños más severos. Siguiendo, los niños son el segundo grupo más afectado por este factor. Esto debido a la naturaleza curiosa del infante por explorar sus entornos lo que lo lleva a situaciones de más riesgo. Sumado a esto, la falta de supervisión por parte de un adulto. (Gómez Bocanegra & Pantoja Meléndez, 2009; OMS, 2012).

Según información de la facultad de Fisioterapia de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, el proceso de rehabilitación para un paciente que sufrió afectaciones por una caída es doloroso, largo y carece de motivación. Uno de los problemas principales es poder lograr una rehabilitación integral al recrear el entorno del accidente, ya que los especialistas mencionan que el sujeto se siente seguro en el consultorio pero le resulta difícil poder reincorporarse a las actividades de la vida diaria en su casa.

El uso de un videojuego puede ayudar a cubrir algunas deficiencias que la rehabilitación convencional tiene, tales como hacer la rehabilitación más entretenida, además de poder llevar un seguimiento del progreso del paciente a la vez que se motiva con sus avances. En particular un videojuego que se enfoca a propósitos de esta índole, es llamado videojuego serio (SG, por sus siglas en inglés). Los SG hacen uso de entornos virtuales o multimodales para dar mayor experiencia al jugador en este caso al paciente, su importancia radica en que se puede recrear el contexto del accidente. Esto permite que el paciente pueda lograr una rehabilitación integral y de esta manera se pueda familiarizar nuevamente con las actividades que solía desempeñar. Por ejemplo, si un paciente sufrió un accidente en el baño se debe recrear este contexto en un espacio virtual, así se atienden dos aspectos de la rehabilitación: el físico a través de movimientos y el cognitivo a través de ejercicios que estimulan la mente, a su vez el sujeto enfrenta el miedo y recupera la confianza para interactuar con el entorno.

El desarrollo de SG es una actividad compleja que requiere de procesos formales para su diseño y lograr la motivación y atención de los jugadores. Solo el 5% de los videojuegos producidos tienen éxito (Raymeakers, Coninx, & González Calleros, 2010), no obstante recaer en un proceso de desarrollo más formal puede mejorar las expectativas éxito. Resulta importante la transición entre las necesidades y la implementación puesto que esto determina que tan usable resultará. La usabilidad juega un papel muy primordial en la aceptación del SG por parte de la población.

### 1.2 OBJETIVOS

#### 1.2.1 Objetivo general

La finalidad es dar solución a una necesidad poco atendida de un sector como es la reintegración de pacientes a las actividades de la vida diaria. Esta tesis propone una solución modular capaz de integrar SG que recrean espacios virtuales del hogar. Orientada a personas de la tercera edad, adultos y niños que padecen de algún déficit cognitivo. Los usuarios podrán interactuar a través de un dispositivo que les permita una mayor experiencia de inmersión hacia el mundo virtual.

#### 1.2.2 Objetivos específicos

- Diseñar una solución modular capaz de integrar SG futuros diseñados particularmente para el sistema como parte de su colección de juegos.
- La interfaz humano-computadora es creada a partir de modelos que son independientes de alguna plataforma, lenguaje o dispositivo en particular. Esto permitirá reutilizar el trabajo para futuros desarrollos independientemente de los aquí propuestos.
- Definir los modelos para crear la interfaz humano-computadora.
- La solución está orientada a personas de la tercera edad, adultos y niños que padecen de algún déficit cognitivo.
- Se requiere un dispositivo capaz de detectar los movimientos del usuarios para de esta forma asemejar los SG a la manera en que lo usuarios realizan sus actividades cotidianas. Esto brinda mayor sensación de realismo al sujeto.

## 1.3 MARCO CONCEPTUAL

### Rehabilitación cognitiva

La rehabilitación cognitiva se define como una serie de intervenciones con los objetivos de mejorar las habilidades psicológicas específicas (memoria, atención, lenguaje, funciones ejecutivas, viso construcción, etc.) de una persona; de igual manera, proporcionarle herramientas que lo auxilien en su déficit; con esta finalidad, integrarlo nuevamente de manera segura e independiente a las actividades de la vida cotidiana (Mateer, 2003; Sardinero Peña, 2010; Raskin, 2010; Lubrini, Periañez Morales, & Ríos-Lago, 2011).

### Juegos serios (SG)

Son juegos que tienen objetivos más allá del entretenimiento, como enseñanza o entrenamiento. Se aplican a áreas como salud, educación, militar, gubernamental, políticas y estrategias de comunicación. A pesar de estas propiedades, mantienen la experiencia de los juegos normales tales como la diversión, curiosidad, motivación, etc. (Zyda, 2005; Wiemeyer & Kliem, 2011; Rocha Dores, y otros, 2011).

### Interfaz natural de usuario (NUI)

La interfaz natural de usuario (NUI, por sus siglas en inglés) es aquella en la que los usuarios interactúan con la computadora no necesariamente a través de algún dispositivo de entrada convencional como mouse, teclado, ratón, etc. La NUI se logra por medio del reconocimiento de gestos y voz, por ejemplo el reconocimiento de movimientos del cuerpo, manos, yemas de los dedos para el caso de interfaces táctiles, etc. (Wigdor & Wixon, 2011).

### Realidad Virtual (VR)

La realidad virtual (VR, por sus siglas en inglés) es una tecnología de computadora que crea representaciones en tercera dimensión como objetos o situaciones de la vida real y con los cuales se puede interactuar (Brahnam & Jain, 2011).

## 1.4 MAPA DE LECTURA DE LA TESIS

El Capítulo 2 ESTADO DEL ARTE define que es la rehabilitación cognitiva y la manera en que los especialistas especifican una terapia. Posteriormente se analizan otros criterios a considerar en la elaboración de un tratamiento desde la perspectiva de especialistas en fisioterapia y tecnología. En base en lo anterior se proponen los criterios necesarios para el caso específico del desarrollo de videojuegos con enfoque a la rehabilitación cognitiva a través de entornos virtuales. Siguiendo se expone un estudio de sistemas que existen actualmente dedicados a la rehabilitación cognitiva. Finalmente para este capítulo se hace un análisis de los sistemas contra los criterios desde todas las perspectivas.

Siguiendo el Capítulo 3 METODOLOGÍA expone la metodología de desarrollo. Se explica el marco de referencia Cameleon y sus etapas. Esta metodología permitirá obtener la interfaz humano-computadora a partir de las tareas, independientemente de la herramienta de desarrollo.

Posteriormente el Capítulo 4 SOLUCIÓN PARA EL DESARROLLO DE ESPACIOS VIRTUALES PARA ENTRENAMIENTO DE LAS ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA presenta la solución propuesta. La

## DESARROLLO DE ESPACIOS VIRTUALES PARA ENTRENAMIENTO DE LAS ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA

solución es dividida en su sistema base y los juegos enfocados a la rehabilitación cognitiva. Se especifican las etapas de desarrollo basadas en la metodología del Capítulo 3, desde la especificación del problema, la identificación de tareas, el modelado de tareas y su transformación a interfaces abstractas y concretas.

En el 0

## DESARROLLO DE ESPACIOS VIRTUALES PARA ENTRENAMIENTO DE LAS ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA

CONCLUSIONES presentan los avances obtenidos de la solución y se analizan aspectos de usabilidad y diseño; finalmente, se presenta el trabajo futuro.

## Capítulo 2. ESTADO DEL ARTE

### 2.1 INTRODUCCIÓN

Este capítulo define la manera en que los especialistas especifican una terapia de rehabilitación cognitiva. Existen diversas aproximaciones para poder establecer qué tipo de ejercicios se le asignan a un paciente, esto depende de los objetivos y las necesidades. Se presentan técnicas convencionales para la rehabilitación cognitiva de acuerdo a especialistas. Posteriormente se analizan otros criterios a considerar en la elaboración de un tratamiento desde la perspectiva de especialistas en fisioterapia y tecnología. En base en lo anterior se proponen los criterios necesarios para el caso específico del desarrollo de videojuegos con enfoque a la rehabilitación cognitiva a través de entornos virtuales. Siguiendo se expone un estudio de sistemas que existen actualmente dedicados a la rehabilitación cognitiva por computadora a través del uso de distintas modalidades de interacción y plataformas. Algunos de estos sistemas son comerciales y otros son proyectos de investigación. Finalmente para este capítulo se hace un análisis de los sistemas contra los criterios desde todas las perspectivas y se realizan las observaciones.

### 2.2 REHABILITACIÓN COGNITIVA

#### 2.2.1 Aproximaciones de la rehabilitación cognitiva

Las intervenciones se abordan de acuerdo a los objetivos que se tienen con el paciente. Estas aproximaciones se pueden de manera general agrupar de la siguiente forma:

##### *Aproximación por compensación*

Se trata de enseñar o entrenar a la persona para que utilice otros medios, objetos o herramientas de ayuda externa. Por ejemplo agendas, listas, alarmas, dispositivos electrónicos como celulares, etc. De modo que estos auxilian al paciente para que este no tenga que recurrir constantemente a sus deficiencias cognitivas. Cabe mencionar que en este enfoque es aplicado cuando la función cognitiva no puede ser recuperada (Mateer, 2003; Sardinero Peña, 2010; Raskin, 2010).

##### *Aproximación por restauración*

Esta estrategia se aborda cuando se pretende mejorar o restaurar la alteración cognitiva del paciente. Es lograda de manera directa a través de rutinas repetitivas que estimulan la habilidad o capacidad cognitiva específica (Mateer, 2003; Sardinero Peña, 2010; Raskin, 2010).

##### *Aproximación metacognitiva*

En años recientes ha surgido una nueva aproximación definida como metacognitiva. Esta técnica se enfoca principalmente en las disfunciones ejecutivas incrementando el conocimiento, conciencia y autorregulación. Un ejemplo de esta aproximación sería el de entrenar al sujeto para utilizar una estrategia o sistema que le permita auto-monitorearse y autorregularse conforme completa tareas (Raskin, 2010).

##### *Aproximación por Realidad Virtual*

La rehabilitación cognitiva por realidad virtual recrea una simulación dinámica en 3ra dimensión generada por computadora de objetos o entornos del mundo real con la cual el paciente puede

## DESARROLLO DE ESPACIOS VIRTUALES PARA ENTRENAMIENTO DE LAS ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA

interactuar. A estos escenarios virtuales se integran los ejercicios para la rehabilitación del déficit que padece el sujeto (Raskin, 2010; Kingler, Weiss, & Joseph, 2010; Gamito, y otros, 2011).

### *Otras aproximaciones de la rehabilitación cognitiva*

La aproximación por modificaciones ambientales propone la alteración del entorno real del paciente. Por ejemplo se le pueden pegar listas en la pared, letreros, calendarios, etc. Que recuerden o adviertan cosas al sujeto. Otra aproximación es la de sustitución-optimización la cual propone utilizar los recursos disponibles del paciente para sustituir a otros. El siguiente escenario no está relacionado con aspectos cognitivos pero ejemplifica lo que la aproximación pretende realizar. Se supone que la persona carece del sentido de la vista, se le entrena el sentido del oído a modo de sustituir su carencia (Raskin, 2010; Mateer, 2003; Sardinero Peña, 2010).

Estas son algunas de las muchas aproximaciones que existen actualmente para la rehabilitación cognitiva pero no claramente aplicables con tecnología. Las descritas hasta el momento son las principales y en las que los autores coinciden.

### 2.2.2 Terapias convencionales de la rehabilitación cognitiva

La forma convencional de una terapia de rehabilitación cognitiva se realiza a través de juegos de mesa, fotografías, textos, platicas que incluyen gran cantidad de interrogaciones, etc.

### *Propuesta de Sardinero Peña*

Esta propuesta es una solución la cual se divide en 6 bloques llamados talleres y los cuales cada uno contiene 7 actividades con 5 niveles de dificultad (Sardinero Peña, 2010):

*Tabla 1 Propuesta de Sardinero Peña para la rehabilitación cognitiva.*

Taller	Técnicas
Atención	<ul style="list-style-type: none"><li>• Cancelación</li><li>• Repetición</li><li>• Líneas superpuestas</li><li>• Búsqueda en fotos</li><li>• Búsqueda en datos</li><li>• Plantilla</li><li>• Recorridos</li></ul>
Funciones ejecutivas	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ordenar acciones</li><li>• Interferencia</li><li>• Ordenar listas</li><li>• Razonamiento sobre diferencias</li><li>• Razonamiento sobre secuencias</li><li>• Abstracción verbal</li><li>• Razonamiento visual</li></ul>
Lenguaje	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ordenar frases</li><li>• Completar con verbo</li><li>• Palabras funcionales</li><li>• Definiciones</li><li>• Sinónimos y antónimos</li><li>• Facilitación</li><li>• Sonidos</li></ul>
Memoria	<ul style="list-style-type: none"><li>• Parejas</li><li>• Reconocimiento con claves semánticas</li><li>• Memoria lógica</li></ul>

## DESARROLLO DE ESPACIOS VIRTUALES PARA ENTRENAMIENTO DE LAS ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Categorización</li> <li>• Reconocimiento visual</li> <li>• Qué y dónde</li> <li>• Memoria de rostros</li> </ul>
Percepción	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tamaños</li> <li>• Ángulo de giro</li> <li>• Detalles</li> <li>• Colores</li> <li>• Siluetas</li> <li>• Agrupamiento</li> <li>• Línea y borde</li> </ul>
Lectoescritura y visoconstrucción	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dibujos geométricos y abstractos</li> <li>• Dibujos de objetos reales</li> <li>• Grafomotricidad</li> <li>• Lectura mecánica</li> <li>• Cálculo; conteo</li> </ul>

A continuación se describe una técnica de cada taller. Por ejemplo en el taller de atención la técnica de repetición propone que el paciente identifique aquellas formas, letras o números que puedan repetirse dentro de una columna delimitada por un recuadro (Figura 1).



Figura 1 Propuesta de Sardinero Peña, Taller de atención: repetición.

En el taller de funciones ejecutivas, técnica de ordenar acciones se trata de que el paciente identifique el orden para realizar alguna actividad en específico. Se presenta por medio de imágenes (Figura 2) que tiene una secuencia desordenada y el sujeto debe indicar el orden correcto.

## DESARROLLO DE ESPACIOS VIRTUALES PARA ENTRENAMIENTO DE LAS ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA



Figura 2 Propuesta de Sardinero Peña, Taller de funciones ejecutivas: ordenar acciones.

En la técnica ordenar frases del taller de lenguaje se presentan al paciente una serie de oraciones con sus palabras desordenadas (Figura 3) y el objetivo es que el sujeto les dé un orden gramáticamente correcto. Esto debe ser realizado sin añadir o quitar palabras.



Figura 3 Propuesta de Sardinero Peña, Taller de lenguaje: Ordenar frases.

Memoria de rostros pertenece al taller de memoria y consiste en una ficha que contiene fotografías de rostros de personas (Figura 4). El paciente debe memorizar los rostros ya que posteriormente la ficha es reemplazada por otra casi igual pero que tiene una alteración de elementos. El sujeto debe identificar cual rostro no corresponde al grupo de fotografías previamente memorizadas.

## DESARROLLO DE ESPACIOS VIRTUALES PARA ENTRENAMIENTO DE LAS ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA



Figura 4 Propuesta de Sardinero Peña, Taller de memoria: Memoria de rostros.

La técnica de colores es parte del taller de percepción. Una ficha con un bote color en la primera columna y posteriormente 3 formas de colores distintos se expone al paciente (Figura 5). Su tarea es identificar cuál de las 3 formas corresponde al mismo color del bote de pintura.

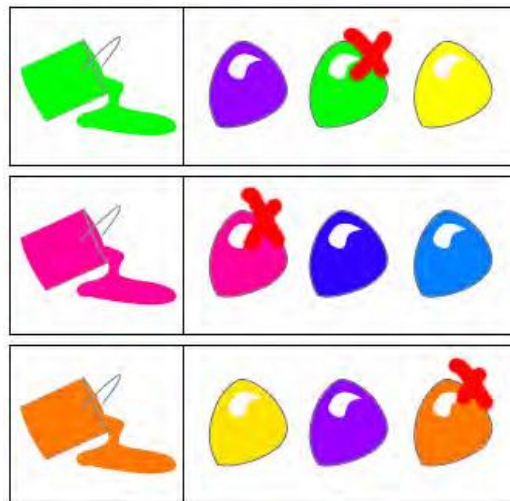


Figura 5 Propuesta de Sardinero Peña, Taller de percepción: Colores.

Finalmente dibujos de objetos reales pertenece al taller de lectoescritura y visoconstrucción. La asignación consiste en una ficha que tiene un dibujo de un objeto del mundo real del lado izquierdo y un espacio en blanco del lado derecho (Figura 6). El objetivo es que el paciente dibuje en el espacio vacío una copia del objeto localizado en el lado izquierdo.

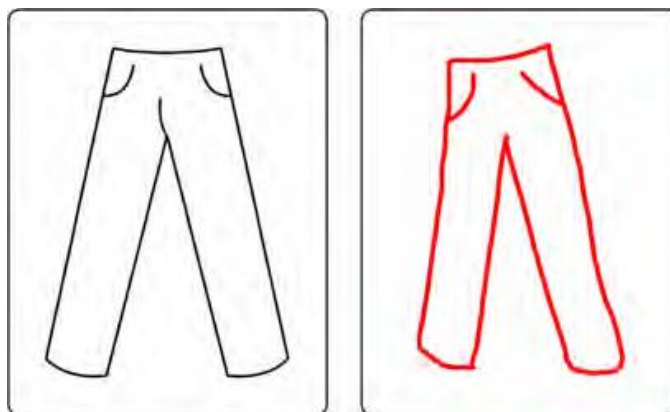


Figura 6 Propuesta de Sardinero Peña, Taller de lectoescritura y visoconstrucción: Dibujos de objetos reales.

### Propuesta de la UOC (Universitat Oberta de Catalunya)

De la misma manera en que Sardinero Peña aborda la rehabilitación cognitiva, los especialistas de la UOC desarrollaron su programa de terapias. Igualmente basado en ejercicios por medio de fichas que le presentan al paciente. Ellos categorizan su estrategia para abordar la rehabilitación de la siguiente manera (Tabla 2):

Tabla 2 Propuesta de la Universitat Oberta de Catalunya para la rehabilitación cognitiva.

Estimulación cognitiva y rehabilitación neuropsicológica de
Atención
Memoria
Percepción y habilidades motoras
Lenguaje
Funciones ejecutivas

## 2.3 CRITERIOS PARA EL DESARROLLO DE VIDEOJUEGOS DEDICADOS A LA REHABILITACIÓN COGNITIVA

### 2.3.1 Antecedentes

González Rodríguez y Muñoz Marrón, miembros de la Universitat Oberta de Catalunya (UOC) proponen los siguientes criterios que un programa con fines terapéuticos por ordenador debe cumplir (González Rodríguez & Muñoz Marrón, 2009):

Tabla 3 Criterios para el desarrollo de videojuegos con fines terapéuticos propuestos por González y Muñoz.

Criterios
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La necesidad de basarse en estudios previos exhaustivos y la supervisión por parte de una profesional con conocimientos de las funciones cognitivas superiores.</li> <li>• Modelos teóricos que sustentan los programas de rehabilitación neuropsicológica.</li> <li>• Los efectos de las lesiones cerebrales y el deterioro cognitivo.</li> <li>• La evolución del cuadro y las variables que orientan sobre la recuperación de funciones.</li> <li>• El conocimiento de la influencia de variables emocionales sobre el rendimiento.</li> <li>• El análisis exhaustivo del tipo de tratamiento más adecuado para los déficits observados (restauración, compensación o sustitución).</li> </ul>
Otros criterios a considerar

## DESARROLLO DE ESPACIOS VIRTUALES PARA ENTRENAMIENTO DE LAS ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA

- El diseño personalizado de las actividades que se van a realizar.
- La duración de las tareas y el tratamiento global.
- El número de sesiones semanales.
- El tipo de estímulos.
- Los periodos de descanso.
- El tipo y el tiempo de presentación del feedback positivo o negativo.
- La graduación de la dificultad.
- Los periodos de variabilidad del tipo de tareas.
- El registro de resultados y el estudio de la eficacia de la rehabilitación.

Por otra parte Oropeza Salas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP) propone la siguiente lista de criterios de desarrollo para ambientes virtuales (Oropeza Salas, 2012):

*Tabla 4 Taxonomía de criterios para el desarrollo de ambientes virtuales propuesto por Oropeza Salas.*

Criterios
<ul style="list-style-type: none"><li>• Edad.</li><li>• Destreza Motora.</li><li>• Depresión Post-Ictus.</li><li>• Estilo de vida.</li><li>• Grupos de apoyo.</li><li>• Estado de comorbilidad.</li><li>• Ventana de oportunidad.</li><li>• Adaptación al paciente.</li><li>• Dosis</li><li>• Retroalimentación adecuada.</li><li>• Combinación de tareas de diferente dificultad.</li><li>• Inmersión y presencia en el juego.</li><li>• Interés.</li><li>• Autosuficiencia.</li><li>• Cumplimiento o compromiso y adhesión a la terapia.</li><li>• Tolerancia.</li><li>• Tipo y rango de movimientos cubiertos.</li><li>• Tratamiento de la compensación de movimientos.</li><li>• Actividades funcionales de la vida cotidiana.</li></ul>

Mateer propone una lista de criterios que las intervenciones para la rehabilitación cognitiva deben cumplir para considerar eficaces. Estas no precisamente relacionadas con ambientes virtuales u ordenadores (Mateer, 2003):

*Tabla 5 Criterios para una rehabilitación eficaz propuestos por Mateer.*

Criterios
<ul style="list-style-type: none"><li>• La rehabilitación cognitiva debe ser individualizada.</li><li>• Un programa de rehabilitación cognitiva requiere del trabajo conjunto de la persona, la familia y los terapeutas.</li><li>• La rehabilitación cognitiva debe centrarse en alcanzar metas relevantes, en función de las capacidades funcionales de la persona y mediante mutuo acuerdo.</li><li>• La evaluación de la eficacia de una intervención cognitiva debe incorporar cambios en las capacidades funcionales.</li><li>• Un programa de rehabilitación debe incorporar varias perspectivas y diversas aproximaciones.</li></ul>

## DESARROLLO DE ESPACIOS VIRTUALES PARA ENTRENAMIENTO DE LAS ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA

- Un programa de rehabilitación debe tener en cuenta los aspectos afectivos y emocionales que el daño cognitivo conlleva.
- Los programas de rehabilitación deben tener un componente de evaluación constante.

### 2.3.2 Criterios obtenidos de observación en terapias de rehabilitación en vivo.

Los siguientes criterios fueron obtenidos de observaciones realizadas a terapias en vivo. Dichas terapias fueron llevadas a cabo en la Facultad de Fisioterapia de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Criterios
<ul style="list-style-type: none"><li>• La relación que mantiene el paciente con el terapeuta es muy importante.</li><li>• Los pacientes deben sentirse en confianza.</li><li>• Los terapeutas platican de cosas de la vida cotidiana con los pacientes para que crear una distracción de la rutina.</li><li>• Los terapeutas preguntan constantemente al paciente “¿Cómo te sientes?”</li><li>• Los terapeutas hacen expresiones de sorpresa con los logros obtenidos por el paciente.</li><li>• Existe mucha amabilidad de ambas partes.</li><li>• Los terapeutas otorgan ligeros descansos entre cada rutina para que el paciente no se siente fatigado.</li><li>• Le dan un toque de diversión a las sesiones.</li><li>• El paciente trata de hacer trampa con el número de repeticiones que lleva diciendo que lleva más repeticiones de las que en realidad lleva.</li><li>• Los terapeutas permiten al paciente hacer todo aquello que puedan de manera independiente.</li><li>• Los terapeutas dan comentarios positivos al paciente.</li><li>• Los terapeutas le hacen trampa al paciente diciendo que llevan menos repeticiones de las que en realidad llevan.</li><li>• Los terapeutas convierten los accidentes que tienen los pacientes en amabilidad, sonrisas y bromas.</li><li>• Al paciente no le gusta sentir que no le ponen atención.</li></ul>

### 2.3.3 Propuesta de criterios para el desarrollo de videojuegos con enfoque a la rehabilitación cognitiva a través de entornos virtuales.

De los criterios anteriores, se puede observar que tienen distintos enfoques principales. Al realizar una intersección de todos ellos y un filtro de aquellos que pueden contribuir a la rehabilitación cognitiva, se proponen los siguientes criterios para el desarrollo de videojuegos con enfoque a la rehabilitación cognitiva a través de entornos virtuales:

*Tabla 6 Lista de criterios propuestos para el desarrollo de videojuegos con enfoque a la rehabilitación cognitiva a través de entornos virtuales.*

Criterios
<ol style="list-style-type: none"><li>1. El sistema debe tener un fundamento teórico de rehabilitación.</li><li>2. Se debe considerar la secuela emocional (depresión, autoestima, etc.) del paciente.</li><li>3. Permitir configurar el sistema a las necesidades específicas del déficit del paciente.</li><li>4. Se deben considerar las complicaciones de comorbilidad.</li><li>5. Implementar el uso de técnicas de inmersión y presencia por medio de avatares, trayectos, control y una interfaz humano-computadora clara.</li><li>6. Guiar al paciente a lograr la autosuficiencia para usar el juego.</li><li>7. Orientar las rutinas a actividades de la vida diaria.</li><li>8. Las intervenciones deben ser producto de un acuerdo mutuo entre paciente, familiares y médicos.</li><li>9. Los objetivos deben estar enfocados en metas relevantes.</li><li>10. Realizar expresiones de sorpresa por los logros obtenidos de los pacientes.</li></ol>

11. Generar sensación de confianza y amabilidad del paciente hacia el sistema.
12. Otorgar ligeros descansos al paciente para evitar la fatiga.
13. Aplicar pequeñas trampas entre paciente y sistema con respecto al número de repeticiones en las sesiones.
14. Convertir los posibles errores o accidentes en amabilidad, sonrisas y bromas.
15. Se debe tomar en cuenta la gravedad del déficit.
16. Monitorear la evolución del paciente.
17. Se debe definir el tipo de aproximación al déficit.
18. Duración de las tareas.
19. Cantidad de sesiones.
20. Periodos de descanso.
21. Tipo de retroalimentación.
22. Dificultad de las rutinas.
23. Debe existir un mutuo acuerdo de sesiones.
24. Realizar conversación durante las sesiones.
25. Poder habilitar una opción de trampa.
26. Proporcionar la edad del paciente.
27. El paciente pueda elegir un terapeuta.
28. Estado de fatiga.
29. Número de repeticiones.

### 2.4 APLICACIONES CON OBJETIVOS EN EL AREA COGNITIVA

#### 2.4.1 Body and Brain Connection

Body and Brain Connection es un videojuego para la consola de juegos XBOX 360, lanzado en el 2010 y que utiliza el Kinect como dispositivo de entrada. El Kinect es un dispositivo NUI fabricado por Microsoft para la consola de juegos XBOX 360 y compatible para su conexión con la PC. Este artefacto responde a los movimientos de cuerpo completo del usuario y reconoce comandos de voz. Funciona a base de una cámara, un proyector infrarrojo, un receptor infrarrojo que reconocen la profundidad y ubicación espacial de los objetos. Además cuenta con 4 micrófonos que traducen el sonido en comandos de voz (Keane, Hall, & Pheonix, 2012).



Figura 7 Microsoft Kinect e interacción

El propósito de Body and Brain Connection es entrenar el cuerpo por medio de movimientos sencillos de brazos y piernas; además, habilidades cognitivas con el uso de mini juegos que presentan retos mentales. Por otra parte el sistema lleva un historial de tus resultados y te ofrece

## DESARROLLO DE ESPACIOS VIRTUALES PARA ENTRENAMIENTO DE LAS ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA

gráficas de progresos tomando como medida la *edad del cerebro*. La *edad del cerebro* es una medida teórica propuesta por el Dr. Ryuta Kawashina, experto en imágenes del cerebro y neurofisiología. El mismo Dr. Kawashina superviso y aprobó los juegos de Body and Brain Connection.

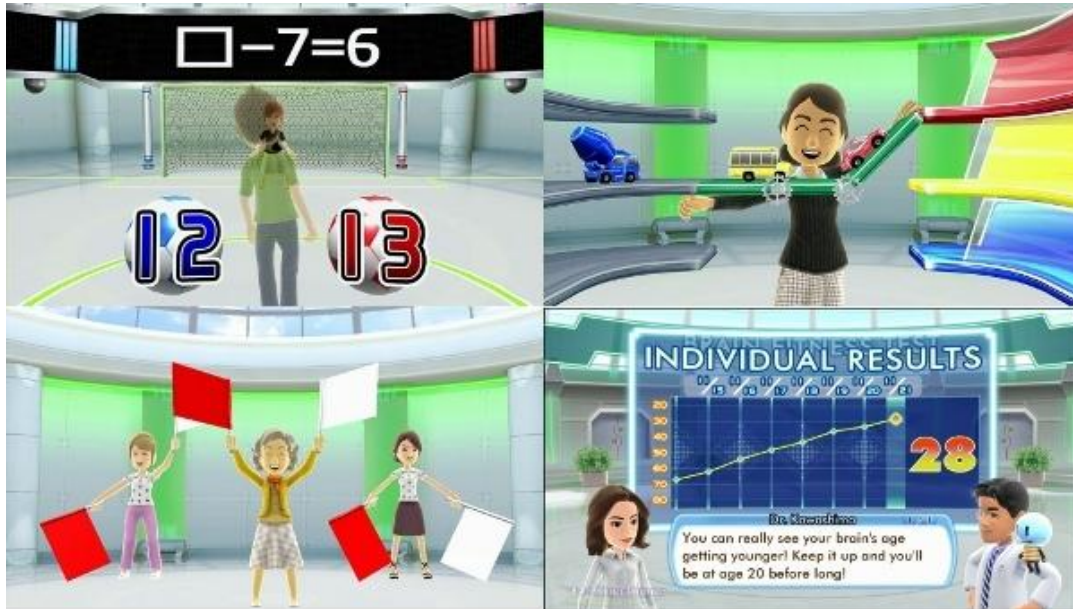


Figura 8 Kinect Body and Brain Connection, juegos y seguimiento de resultados.

El videojuego sigue una dinámica en la que el usuario debe realizar ejercicios diarios que aumentan su complejidad conforme vas progresando y pueden jugar hasta cuatro personas. A través de estos ejercicios se pretende mejorar la destreza de memoria, lógica, atención y procesamiento (Amazon, 2011; Microsoft, 2011).

### 2.4.2 Brain Age: Train Your Brain in Minutes a Day!

Brain Age es un videojuego lanzado en el 2005 para Nintendo DS. Esta consola de juegos es un dispositivo portátil que contiene dos pantallas: la superior despliega gráficos de manera convencional; la inferior despliega gráficos pero además tiene la característica de ser táctil, se recomienda usar con estilete. También tiene un micrófono que la capacidad de reconocimiento de comandos de voz.

## DESARROLLO DE ESPACIOS VIRTUALES PARA ENTRENAMIENTO DE LAS ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA



Figura 9 Nintendo DS

Brain Age fue supervisado y aprobado al igual que Body and Brain Connection por el Dr. Ryuta Kawashina. Contiene ejercicios de lectura, matemáticas, rompecabezas y atención que ejercitan tu cerebro.

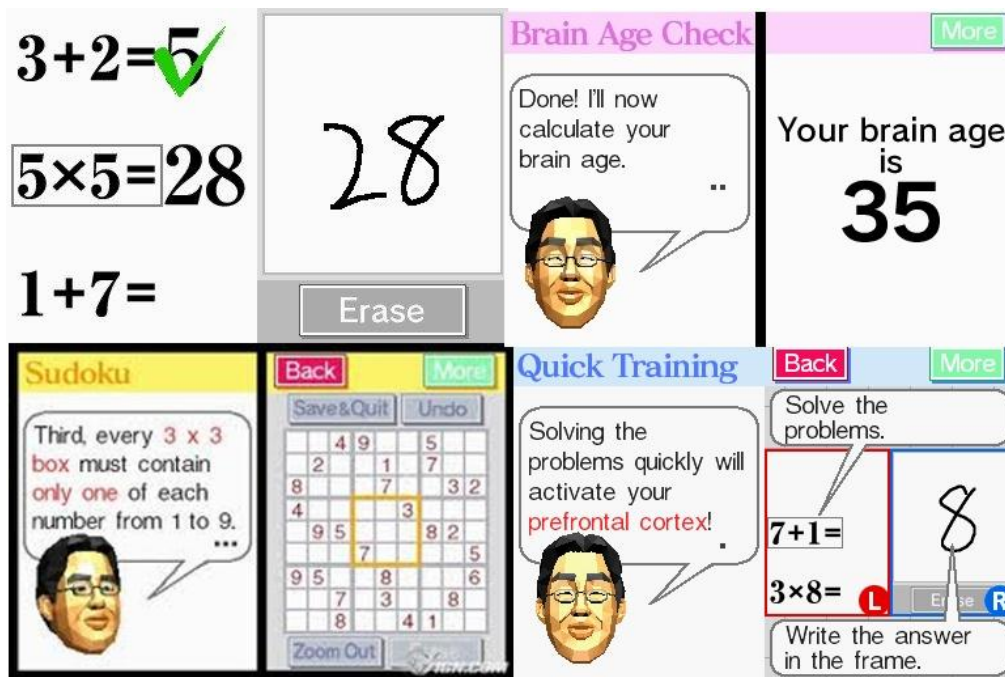


Figura 10 Brain Age: Train Your Brain in Minutes a Day, juegos.

Utiliza esta tecnología táctil y el micrófono del dispositivo para sus ejercicios. Está diseñado para que el usuario realice una rutina diaria de algunos minutos después de los cuales se calcula la *edad del cerebro*.

### 2.4.3 CARP-VR (Computer Assisted Rehabilitation Program-Virtual Reality)

CARP-VR es un proyecto diseñado, desarrollado e implementado por un equipo de expertos de varias universidades y clínicas de rehabilitación en Portugal. La interacción es por medio de una PC

## DESARROLLO DE ESPACIOS VIRTUALES PARA ENTRENAMIENTO DE LAS ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA

convencional. Sus propósitos son para la rehabilitación cognitiva por medio del uso de VR para recrear entornos en los cuales los usuarios realizan actividades de la vida cotidiana.

La arquitectura de CARP-VR está dividida en dos aplicaciones distintas. La primera (CARP-VR Editor) dirigida al médico es una vista administrativa en donde se pueden establecer los parámetros y tareas de los escenarios; además, contiene un administrador de resultados para el análisis individual del progreso de los pacientes. La segunda (CARP-VR Player) es el entorno virtual a través del cual el paciente navega y realiza las actividades definidas por el medico; por otra parte, va registrando los resultados y estados.

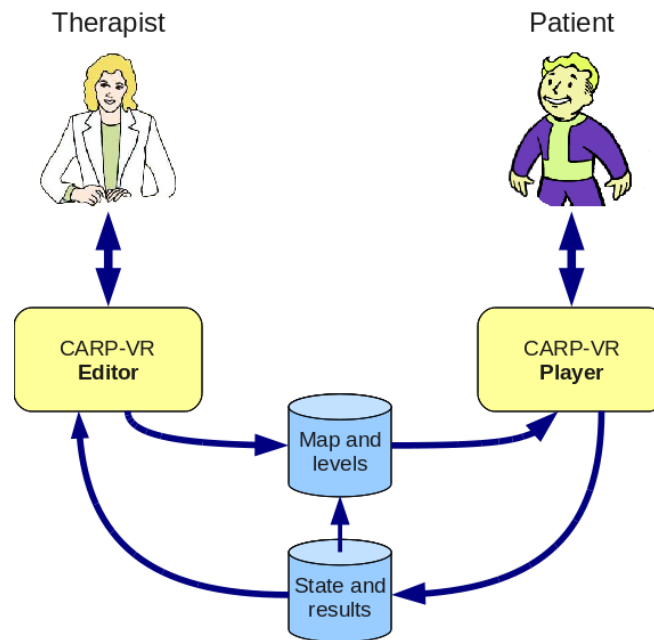


Figura 11 Arquitectura del sistema CARP-VR.



Figura 12 CARP-VR Player: Cocina. CAPR-VR Editor: Supermercado.

Con propósito de que los pacientes aprendan a usar el sistema, inicialmente se les pasa por una sesión de entrenamiento. Dicha sesión contiene tres escenarios: un almacén, una cocina y un cuarto. En esta fase se pone a prueba la capacidad del sujeto para identificar objetos, ordenarlos y

## DESARROLLO DE ESPACIOS VIRTUALES PARA ENTRENAMIENTO DE LAS ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA

resolver problemas en una complejidad que crece conforme progresan pero con un bajo nivel de demanda. Posteriormente los usuarios experimentan con los entornos definidos por los médicos en donde el nivel de demanda es mayor y la complejidad de las tareas crece conforme el paciente alcanza los objetivos (Rocha Dores, y otros, 2011).

### 2.4.4 Kinempt

Kinempt es un sistema creado por varios expertos de universidades y clínicas de rehabilitación de Taiwán en el 2011. Utiliza el Kinect como dispositivo de entrada y una PC convencional para procesar la información obtenida. El sistema reconoce los recorridos de manos que hace el usuario y los compara con una secuencia de rutinas paso a paso definidas por un administrador. En el caso de que usuario no siga la secuencia designada, Kinempt lanza alertas visuales, textuales o sonoras para indicar el fallo. De lo contrario, cuando se acierta la secuencia el sistema da libertad a continuar con el siguiente paso.



*Figura 13 Kinempt, aplicación en una pizzería.*

La finalidad del sistema es entrenar auxiliar en el trabajo a las personas con déficit cognitivo. De modo que el supervisor puede asegurar el correcto desempeño de sus empleados, sin tener que estar constantemente de manera personal con ellos (Chang, Chou, Wang, & Chen, 2013).

### 2.4.5 Kimentia

Kimentia es una aplicación desarrollada en el 2012 por expertos de la Universidad de Deusto. Usa el Kinect como herramienta y una PC convencional. Los objetivos de este sistema son aumentar el desempeño en actividades que requieran el uso de la memoria; por otra parte, que los usuarios hagan ejercicio físico. El sistema esta principalmente enfocado al lenguaje por medio de recordar, reconstruir y clasificar palabras además de asociarlas con imágenes.

La arquitectura usada para crear el sistema utiliza un modelo de capas. La primera capa es la de presentación que corresponde a los dispositivos de entrada y salida. Proporcionan y reciben

## DESARROLLO DE ESPACIOS VIRTUALES PARA ENTRENAMIENTO DE LAS ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA

información a la siguiente capa. La segunda capa es la de negocios la cual contiene los elementos que componen la fuente de la aplicación. Por último la capa de base de datos en donde se almacena y proporciona la información del usuario y la aplicación.

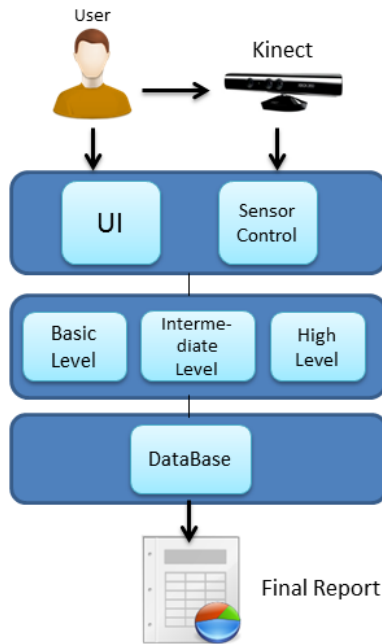


Figura 14 Kimentia, Arquitectura: Modelo de capas.

El usuario por medio de sus manos (las cuales son reconocidas por Kinect) asocia imágenes a palabras. La complejidad de los ejercicios aumenta y corresponde de acuerdo al estado del paciente. En un ejemplo el sujeto trata de relacionar la silaba “BA” con imágenes de una silla, un portafolio, plátanos y globos. A la vez pregunta que escoja el objeto que inicia con la silaba correspondiente. La aplicación está en inglés por lo que la respuesta adecuada serían globos que su traducción es *ballons*.



Figura 15 Kimentia, Rastreo de usuario y juego de asociación.

### 2.4.6 SmartBrain PRO

SmartBrain PRO es una solución implementada desde el 2003 por Educamigos, una empresa española dedicada a la producción y comercialización de programas y contenidos interactivos para

## DESARROLLO DE ESPACIOS VIRTUALES PARA ENTRENAMIENTO DE LAS ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA

la estimulación cognitiva (Educamigos, 2012). Además es supervisada por el Institut Català de Neurociències Aplicades (Fundació ACE) (Fundació ACE, 2013). Se ejecuta por medio de un navegador de internet, por lo tanto es posible usarla desde cualquier dispositivo con la capacidad de ejecutar contenidos interactivos y multimedia con acceso a internet. SmartBrain PRO funciona por medio de juegos que estimulan la memoria, lenguaje, cálculo, atención, orientación, reconocimiento y ejecución de funciones. Las indicaciones son recibidas por medio de audio. Su orientación va a personas con de todas las edades pero principalmente a la población de la tercera edad.

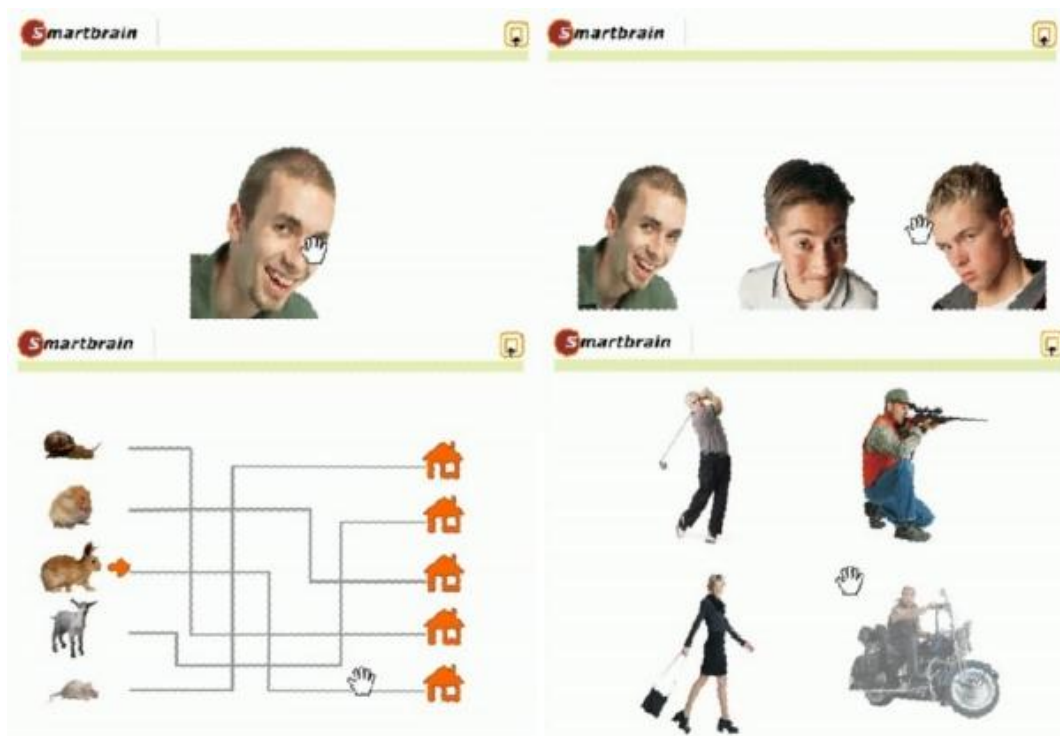


Figura 16 SmartBrain PRO, juegos de memoria, atención y reconocimiento.

El sistema maneja dos entornos: el entorno de autores permite al especialista o familiar poder configurar los parámetros y complejidad de las sesiones; mientras tanto, el entorno de usuario se despliegan los juegos con las propiedades definidas desde el entorno de autores (Educamigos, 2013).

### 2.4.7 VIRCOG (VIRtual COGnitive System)

Es un videojuego que se utiliza por medio de una palanca de juegos y en un monitor LCD 47". Recrea dos entornos virtuales orientados a actividades de la vida diaria. El primer entorno es *Caminando en la Calle*, enfocado a personas con problemas de atención. El juego simula una calle en donde el usuario debe cruzarla teniendo precaución de los automóviles que transitan por ella. La finalidad es llegar al supermercado que se encuentra al otro lado de la calle. El segundo entorno es *Comprando en el supermercado*, en este escenario el usuario con desorden cognitivo debe realizar sus compras. Sus objetivos son memorizar preciosos, comprar objetos, planear el recorrido, planear el tiempo, llevar cuentas, etc.

## DESARROLLO DE ESPACIOS VIRTUALES PARA ENTRENAMIENTO DE LAS ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA



Figura 17 VIRCOG: (A) Caminando en la calle, (B) Comprando en el supermercado

De acuerdo a los estudios de usabilidad aplicados a pacientes con lesiones cerebrales, los usuarios que jugaron se sintieron atraídos, motivados y recibieron un estímulo al observar como superaban el juego (Lozano, Gil-Gómez, Alcañiz, Chirivella, & Ferri, 2009).

### 2.5 COMPARACIÓN DE APLICACIONES CON APROXIMACIONES, CRITERIOS Y TECNOLOGÍA

Haciendo un análisis de los sistemas de la sección anterior, a continuación se compara la manera como se relacionan con las aproximaciones de la rehabilitación cognitiva, los criterios propuestos en este trabajo y la tecnología que utilizan.

En la Tabla 7 primeramente se observa que estrategias de aproximación para la rehabilitación enfocan cada uno de los sistemas mencionados. Se toman los 4 principales abordajes debido a su implicación con el área cognitiva y su tendencia a ser mayormente aplicables con tecnología.

Tabla 7 Comparación de aplicaciones vs aproximaciones

	Aproximaciones			
	Compensación	Restauración	Meta-Cognición	Realidad Virtual
Body and Brain Connection	No	Sí	Sí	Sí
Brain Age	No	Sí	Sí	No
CARP-VR	No	Sí	Sí	Sí
Kinempt	No	Sí	No	No
Kimentia	No	Sí	No	No
VIRCOG	No	Sí	No	Sí
SmartBrain PRO	No	Sí	No	No

El siguiente análisis de la Tabla 8 y Tabla 9 corresponde a la relación entre las aplicaciones de la sección anterior (2.4) y los criterios propuestos en la Tabla 6. Los números corresponden a cada uno de los criterios propuestos para el desarrollo de videojuegos con enfoque a la rehabilitación cognitiva a través de entornos virtuales (Tabla 6). Se omiten algunos puntos de análisis debido a que no se puede determinar con exactitud su condición por falta de acceso a información detallada del sistema.

## DESARROLLO DE ESPACIOS VIRTUALES PARA ENTRENAMIENTO DE LAS ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA

Tabla 8 Comparación de aplicaciones vs criterios (i)

	Criterios														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Body and Brain Connection	Sí	No	No	No	Sí	Sí	No	No	No	Sí	Sí	Sí	No	Sí	No
Brain Age	Sí	No	No	No	Sí	Sí	No	No	No	Sí	Sí	Sí	No	Sí	No
CARP-VR	Sí	No	Sí	No	Sí	Sí	Sí	No	Sí	-	Sí	-	No	-	Sí
Kinempt	Sí	No	No	No	No	Sí	Sí	No	Sí	-	Sí	-	No	-	No
Kimentia	Sí	No	No	No	No	Sí	No	No	No	-	Sí	-	No	-	No
VIRCOG	Sí	No	Sí	No	Sí	Sí	Sí	No	Sí	-	Sí	-	No	-	Sí
SmartBrain PRO	Sí	No	Sí	No	No	Sí	No	No	No	-	Sí	Sí	No	-	Sí

Tabla 9 Comparación de aplicaciones vs criterios (ii)

	Criterios														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	
Body and Brain Connection	Sí	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	
Brain Age	Sí	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	
CARP-VR	Sí	No	Sí	Sí	Sí	No	Sí	No	No	No	No	No	No	Sí	
Kinempt	Sí	No	Sí	Sí	Sí	No	Sí	No	No	No	No	No	No	Sí	
Kimentia	Sí	No	Sí	Sí	Sí	No	Sí	No	No	No	No	No	No	Sí	
VIRCOG	Sí	No	Sí	Sí	Sí	No	Sí	No	No	No	No	No	No	Sí	
SmartBrain PRO	Sí	No	No	No	No	No	Sí	No	No	No	No	No	No	No	

Finalmente la Tabla 10 compara las aplicaciones de la sección anterior (2.4) con características tecnológicas. Se evalúa si el sistema es Open Source a modo de poder acceder a su código fuente; basado en componentes, propiedad que permite a otros desarrolladores poder integrar módulos a la plataforma; NUI, contiene una interfaz de usuario natural; multiplataforma, desarrollado en un entorno capaz de ser accedido desde diversas plataformas; Multidispositivo (entrada/salida), es decir que contiene variedad de opciones para que el usuario pueda interactuar con la aplicación. La elección de estas propiedades está basado en determinar la opción de extender, adaptar o interactuar con el sistema.

Tabla 10 Comparación de aplicaciones vs tecnología

	Tecnología					
	Open Source	Basada en componentes	NUI	Multiplataforma	Multidispositivo (Entrada)	Multidispositivo (Salida)
Body and Brain Connection	No	No	Sí	No	No	No
Brain Age	No	No	No	No	No	No
CARP-VR	Sí	No	No	Sí	No	No
Kinempt	Sí	No	Sí	No	No	No
Kimentia	-	No	Sí	No	No	No
VIRCOG	-	-	No	No	No	No
SmartBrain PRO	No	No	No	Sí	Sí	Sí

## 2.6 CONCLUSIONES

Los autores concuerdan en las principales aproximaciones para la rehabilitación cognitiva. Sin embargo con el tiempo los especialistas han propuesto estrategias con enfoques modernos adaptadas más a un perfil tecnológico.

Actualmente los terapeutas siguen basando sus tratamientos en los métodos convencionales como los propuestos por Sardinero Peña o los de la Universitat Oberta de Catalunya. Aunque no se pone en duda los progresos y logros que se obtienen por medio de esta práctica, también es cierto que no cumple con una reintegración total del paciente a su entorno cotidiano. Este objetivo de reintegración es mayormente atendido gracias a la tecnología, principalmente a través de juegos serios. Para ello existe diversidad de criterios y recomendaciones para el desarrollo de juegos dedicados a la rehabilitación por ordenador pero que no están enfocados al perfil cognitivo. La propuesta de criterios en este trabajo para el desarrollo de entornos virtuales conjunta las distintas perspectivas, complementando con observaciones para formular una guía a la solución que atienda la necesidad.

El estudio de sistemas con objetivos en la rehabilitación cognitiva muestra la diversidad de soluciones existentes. Estas aplicaciones utilizan una variedad de formas de interacción humano-computadora. Hacen uso de dispositivos tanto NUI (Kinect) como GUI (Palanca de juegos, teclado, mouse, etc.); además, trabajan en distintas plataformas cada uno.

Las aplicaciones en comparación con las principales aproximaciones (Tabla 7) indica su enfoque en el uso de restauración y nula compensación; también, solo algunas optan el método meta-cognitivo y la realidad virtual. Con esto se observa que la población atendida es solo aquella que requiera una estrategia de restauración; es decir, ninguna atiende las necesidades de los afectados que necesitan tratamiento compensatorio. Cabe mencionar que aquellos sistemas que no optan por enfoques meta-cognitivos pierden las ventajas de aprendizaje de esta alternativa. Las que no hacen uso de estrategias con realidad virtual sufren el mismo problema de reintegración del paciente que tienen los métodos convencionales.

Ahora en un análisis de la relación que existe entre las aplicaciones y los criterios propuestos en este trabajo (Tabla 8, Tabla 9) se encuentran varios puntos no considerados por dichos sistemas. Principalmente se pueden encontrar las omisiones en los criterios que involucran el deseo del paciente. Recordando las recomendaciones de Mateer, uno de sus principios es que las decisiones se realicen en mutuo acuerdo entre el especialista, la familia y el afectado.

Finalmente la comparación de los sistemas con las propiedades tecnológicas (Tabla 10) demuestra que ninguna está basada en componentes, es decir que no es posible para los desarrolladores ajenos agregar módulos. Solo una pequeña porción es de código abierto lo que es imposible en su mayoría poder adaptar las aplicaciones a las necesidades específicas. La mitad aproximadamente utiliza interfaces GUI y no NUI lo que limita la sensación de inmersión en el paciente. Solo algunas son multiplataforma, las demás están sujetas a una específica. Únicamente una de ellas es Multidispositivo, lo cual es una característica importante ante la diversidad de tipos de pacientes y estados de comorbilidad.

### Capítulo 3. METODOLOGÍA

El desarrollo de entornos virtuales enfrenta crecientes dificultades que han sido atacadas usando el paradigma basado en modelos (MDA por sus siglas en ingles), este paradigma contempla cuatro componentes básicos para el desarrollo de sistemas interactivos: modelos, lenguaje, software y enfoque.

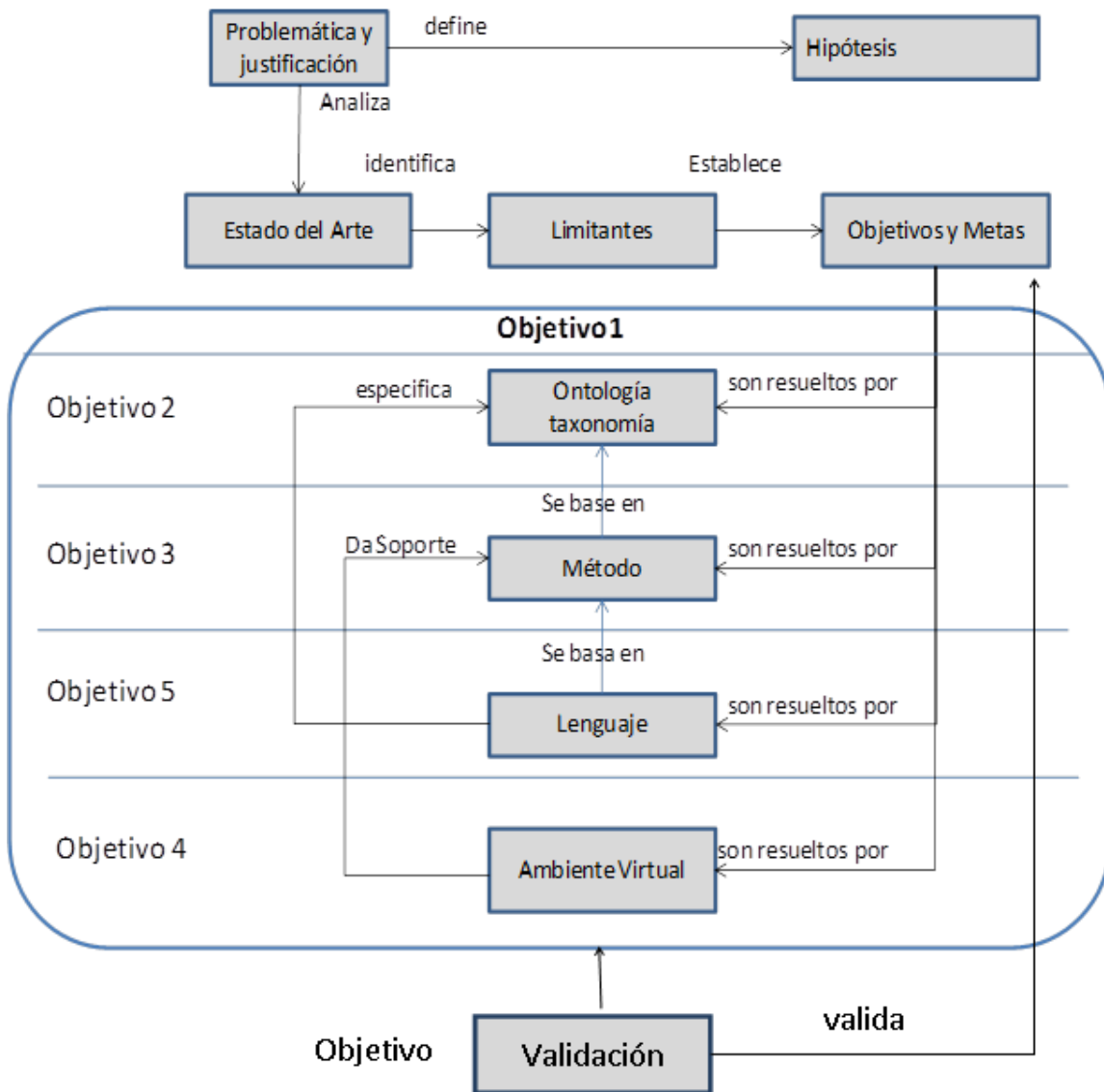


Figura 18 Metodología de desarrollo.

La metodología que se propone para desarrollar un entorno virtual de rehabilitación de pacientes involucra los siguientes componentes:

- 1) Modelos. Un conjunto de modelos que describen las diferentes facetas que componen una interfaz de usuario, como son: tarea, modelo de datos, perfil de usuario, presentación gráfica, comportamiento. Los modelos usan diagramas de clases UML que permitirán capturar la abstracción de la realidad a representar.

- 2) Lenguaje. Un lenguaje de especificación de interfaz de usuario representa los diferentes modelos de una forma que la computadora pueda procesar; dicho lenguaje a su vez permite a los diseñadores y desarrolladores intercambiar, comunicar y compartir fragmentos de la especificación que permitirán a las diferentes herramientas de software operar sobre estas especificaciones. Para este propósito se usará UsiXML (<http://www.usixml.org>) que es un lenguaje que soporta el paradigma enfocado a modelos. Su selección está fundamentada en una revisión de la literatura existente (Guerrero García, González Calleros, Vanderdonckt, & Muñoz Arteaga, 2009) aunque los resultados no se limitan al uso de este lenguaje ya que cualquier otro pudiera ser usado.
- 3) Software, la metodología debe estar soportada por herramientas de software y su interoperabilidad debe estar asegurada al menos de forma teórica.
- 4) Enfoque (approach), un enfoque se refiere al paradigma utilizado para poner en orden los pasos a seguir en la metodología para desarrollar las interfaces de usuario. El proceso de diseño comienza con un modelo de tarea que se desarrolla a través de un enfoque gradual para al final derivar la interfaz de usuario (Cuppens, Raymaekers, & Coninx, 2005). El enfoque usado es UsiXML (Vanderdonckt, 2008) que tiene como base el Marco de Referencia Cameleon (Calvary, y otros, 2003). Este marco de referencia, a su vez, consta de cuatro fases de desarrollo, a saber: 1) Tareas y Conceptos (T & C): describen las tareas del usuario, los conceptos referentes al modelo de datos (conceptos) que son requeridos por poder efectuar estas tareas. 2) Interfaz de usuario abstracta (AUI): define contenedores abstractos y componentes individuales de interacción. Las tareas son asociadas a los contenedores para su ejecución o a los objetos individuales para su manipulación. Un AUI se considera como una abstracción de una interfaz de usuario concreta con respecto a la modalidad de interacción. En este nivel, la interfaz de usuario se compone principalmente de la definición de entradas y salidas del sistema pero no se define nada acerca de la modalidad de interacción (gráfica, vocal, táctil). 3) Interfaz de usuario concreta (CUI): la interfaz concreta define una modalidad de interacción y como tal la interfaz se compone de elementos que la describen, objetos concretos de interacción (CIOs) a fin de definir los widgets de diseño y navegación de interfaz. La CUI es independiente de cualquier plataforma de computación, aunque hace explícito el aspecto y comportamiento de una interfaz de usuario final, todavía es una maqueta, que sólo funciona dentro de un entorno particular. Un CUI también puede ser considerado como una reificación de un AUI en el nivel superior y una abstracción de la interfaz de usuario final con respecto a la plataforma. 4) Interfaz de usuario fina (FUI): es la parte operativa, es decir, la interfaz de usuario en ejecución en una plataforma de computación.

El desarrollo transformacional de la interfaz de usuario encuentra sus motivaciones en el concepto de heterogeneidad de los sistemas de información. En este caso, la heterogeneidad se refiere a la variedad de contextos de uso para los que se ha diseñado una interfaz de usuario. Esta heterogeneidad hace hincapié en la necesidad de poder contar con la abstracción de los detalles pertinentes a los contextos específicos. A partir de estas abstracciones, es posible obtener representaciones específicas. La ventaja de acceder a dichas representaciones es ser capaces de razonar sobre un modelo único (de tareas) y obtener muchas interfaces de usuario diferentes.

## DESARROLLO DE ESPACIOS VIRTUALES PARA ENTRENAMIENTO DE LAS ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA

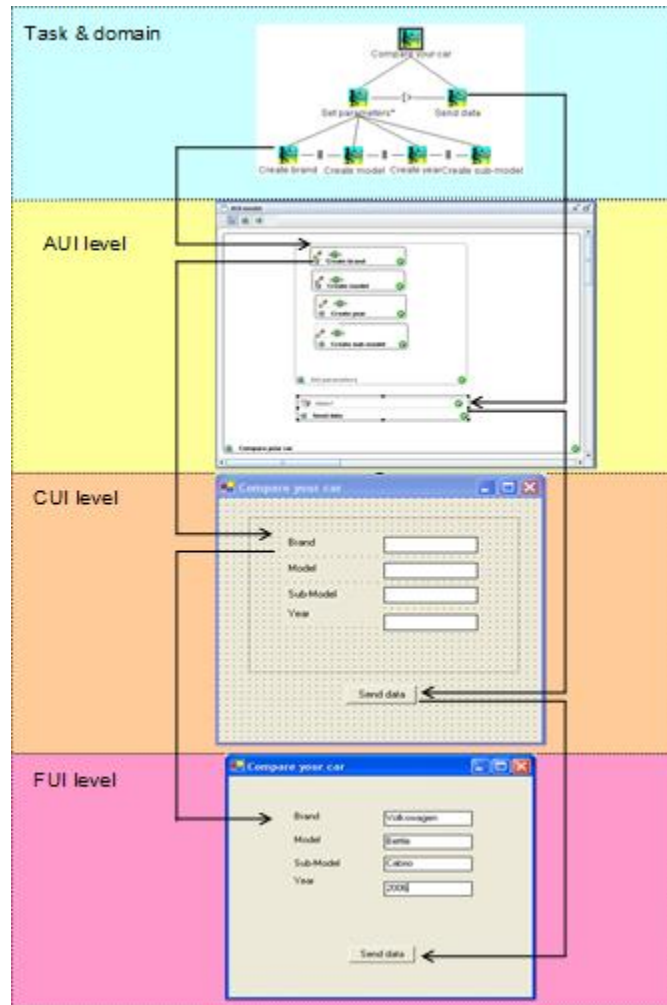


Figura 19 Marco de referencia Cameleon.

Los modelos y las transformaciones de estos modelos están expresados en UsiXML. Gracias a este lenguaje es posible desarrollar y desplegar rápidamente una amplia gama de interfaces de usuario para plataformas informáticas diferentes, con diferentes modalidades de interacción, para lenguajes de programación diferentes, y para distintos contextos de uso.

## Capítulo 4. SOLUCIÓN PARA EL DESARROLLO DE ESPACIOS VIRTUALES PARA ENTRENAMIENTO DE LAS ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA

### 4.1 INTRODUCCIÓN

Este capítulo presenta la solución propuesta de acuerdo a los objetivos planteados y las necesidades encontradas. La solución es dividida en su sistema base que representa parte administrativa; también, la otra parte que son los juegos enfocados a la rehabilitación cognitiva. Estos juegos están en parte basados en propuesta de Sardinero Peña. Se especifican las etapas de desarrollo basadas en la metodología del Capítulo 3, desde la especificación del problema, la identificación de tareas, el modelado de tareas y su transformación a interfaces abstractas y concretas.

### 4.2 DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN

Este trabajo propone un sistema base considerando los criterios de la Tabla 6. Dicha propuesta tendrá la capacidad de ser modular para en un futuro poder integrar juegos a su colección. A continuación se describen los requerimientos de este sistema; además, de dos juegos que recrean entornos de la vida diaria.

#### 4.2.1 Sistema base

##### *Requerimientos del sistema*

El terapeuta podrá acceder al sistema mediante la página principal seleccionando su usuario y proporcionando su contraseña. En caso de que el terapeuta no tenga cuenta creada, otro terapeuta ya registrado lo podrá dar de alta en el sistema.

Una vez que el terapeuta ingresa al sistema, podrá realizar cualquiera de las siguientes opciones: (i) Dar de alta un paciente, (ii) Ver lista de pacientes, (iii) Dar de alta a un terapeuta. En caso de elegir (i) el terapeuta podrá dar de alta a un paciente proporcionando los siguientes datos: nombre, edad, sexo, contraseña y una foto. En caso de seleccionar (ii) tendrá la opción de ver la lista de pacientes; además, con cada paciente podrá realizar cualquiera de las siguientes opciones: (a) Asignar juego, (b) Eliminar paciente, (c) Editar paciente, (d) Ver progreso. En caso de seleccionar (a) se le mostrará al terapeuta la lista de juegos disponibles en donde podrá elegir alguno; después, tendrá que configurar las siguientes opciones: dificultad, duración de la sesión, número de sesiones, periodo de descanso, trampa; posteriormente, tendrá la opción de practicar un demo para efecto de prueba. Si el terapeuta selecciona (b) se dará de baja al paciente. En caso de elegir (c) se podrá editar la información del paciente (nombre, edad, sexo, foto). Cuando el terapeuta decide (d) podrá ver que ejercicios fueron aceptados por el paciente, el historial y en cuales fracaso o tuvo éxito; además, una gráfica de evolución. Finalmente en caso de elegir (iii) el terapeuta podrá dar de alta una cuenta nueva de terapeuta proporcionando los siguientes datos obligatorios: nombre, foto y contraseña.

Por otro lado, el paciente podrá acceder al sistema mediante la página principal seleccionando su usuario y proporcionando su contraseña. Una vez dentro del sistema el paciente podrá elegir

## DESARROLLO DE ESPACIOS VIRTUALES PARA ENTRENAMIENTO DE LAS ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA

cualquiera de las siguientes opciones: (1) Lista de juegos, (2) Ver historial. Cuando el paciente decide (1) se desplegará una lista con los juegos que fueron asignados por el terapeuta y sus detalles (Dificultad, Duración de la sesión, Cantidad de sesiones, Número de sesiones); además, podrá realizar cualquiera de las siguientes opciones: (y) Jugar, (z) Eliminar. En caso de elegir (y) el paciente accederá al juego y tras terminar se arrojarán los resultados. Para el caso de (z) el juego será eliminado de la lista del paciente. Si elige (2) podrá ver el historial de juegos y en cuales fracaso o tuvo éxito; también, una gráfica de evolución.

Finalmente, tanto el terapeuta como el paciente pueden cerrar su cuenta.

### *Identificación de las tareas*

La siguiente tabla (Tabla 11) es la identificación de las tareas extraídas de la redacción anterior. Se identificó su flujo definiendo los predecesores. Se establece el rol encargado de ejecutar la tarea y la definición de la tarea en particular. Para terminar se determina la naturaleza de la actividad la cual puede ser de 4 tipos:

1. Automática: Una reacción automática, comúnmente realizada por un sistema ordenador.
2. Abstracta: Una actividad compleja compuestas por distintas acciones o eventos.
3. Interactiva: Una tarea que involucra la interacción del usuario con la computadora.
4. Manual: Una actividad propia del usuario.

*Tabla 11 Identificación de tareas del sistema base.*

No.	Nombre	Predecesor	Rol	Definición	Naturaleza
1	Mostrar usuarios	-	Sistema	Muestra la lista de usuarios disponible.	Automática
2	Acceder sistema	1	Terapeuta, Paciente	Acceden al sistema mediante la página principal.	Abstracta
3	Seleccionar usuario	2	Terapeuta, Paciente	Selecciona su usuario.	Interactiva
4	Ingresar contraseña	3	Terapeuta, Paciente	Ingresas su contraseña.	Interactiva
5	Mostrar opciones terapeuta	3, 4	Sistema	Muestra las opciones: - Dar de alta un paciente - Ver lista de pacientes - Dar de alta un terapeuta	Automática
6	Seleccionar opción terapeuta	5	Terapeuta	Selecciona su opción.	Interactiva
7	Alta paciente	6	Terapeuta	Da de alta un paciente proporcionando los datos correspondientes.	Abstracta
8	Ingresar nuevo nombre paciente	7	Terapeuta	Ingresas el nuevo nombre del paciente.	Interactiva
9	Ingresar nueva edad paciente	7	Terapeuta	Ingresas la nueva edad del paciente.	Interactiva
10	Ingresar nuevo sexo paciente.	7	Terapeuta	Ingresas el nuevo sexo del paciente.	Interactiva

## DESARROLLO DE ESPACIOS VIRTUALES PARA ENTRENAMIENTO DE LAS ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA

11	Ingresar nueva contraseña paciente	7	Terapeuta	Ingresar la nueva contraseña del paciente.	Interactiva
12	Ingresar nueva foto paciente	7	Terapeuta	Ingresar una nueva foto del paciente.	Interactiva
13	Ver lista pacientes	6	Sistema	Se muestra la lista de pacientes con las siguientes opciones para cada uno: - Asignar un juego - Eliminar un paciente - Editar un paciente - Ver progreso de los pacientes	Automática
14	Seleccionar opción lista pacientes	13	Terapeuta	Selecciona su opción de la lista de pacientes.	Interactiva
15	Asignar juego	14	Terapeuta	Asigna un juego al paciente seleccionado.	Abstracta
16	Mostrar lista juegos asignar	15	Sistema	Muestra la lista de juegos disponibles.	Automática
17	Seleccionar juego asignar	16	Terapeuta	Selecciona el juego que desea asignar.	Terapeuta
18	Configurar dificultad	17	Terapeuta	Configura la dificultad del juego.	Interactiva
19	Configurar duración	17	Terapeuta	Configura la duración de la sesión.	Interactiva
20	Configurar sesiones	17	Terapeuta	Configura el número de sesiones a realizar.	Interactiva
21	Configurar descanso	17	Terapeuta	Configura la duración de los descansos entre ejercicio.	Interactiva
22	Habilitar trampa	17	Terapeuta	Habilita en caso de existir trampa.	Interactiva
23	Eliminar paciente	14	Terapeuta	Se elimina el paciente de la lista.	Interactiva
24	Editar paciente	14	Terapeuta	Se edita la información del paciente.	Abstracta
25	Editar nombre paciente	24	Terapeuta	Edita el nombre del paciente.	Interactiva
26	Editar edad paciente	24	Terapeuta	Edita la edad del paciente.	Interactiva
27	Editar sexo paciente	24	Terapeuta	Edita el sexo del paciente.	Interactiva
28	Editar foto paciente	24	Terapeuta	Edita la foto del paciente.	Interactiva
29	Ver progreso pacientes	14	Sistema	Ve el historial de juegos del paciente, cuales fueron aceptados, en cuales tuvo éxito y en cuales fracaso.	Automática
30	Alta terapeuta	6	Terapeuta	Da de alta un terapeuta proporcionando los datos obligatorios correspondientes.	Abstracta
31	Ingresar nuevo nombre terapeuta	30	Terapeuta	Ingresar el nuevo nombre del terapeuta.	Interactiva

## DESARROLLO DE ESPACIOS VIRTUALES PARA ENTRENAMIENTO DE LAS ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA

32	Ingresar nueva foto terapeuta	30	Terapeuta	Ingresar una nueva foto del terapeuta.	Interactiva
33	Ingresar nueva contraseña terapeuta	30	Terapeuta	Ingresar la nueva contraseña del terapeuta.	Interactiva
34	Mostrar opciones paciente	3, 4	Sistema	Muestra las opciones: - Lista de juegos - Ver historial	Automática
35	Seleccionar opción paciente	34	Paciente	Selecciona una opción.	Interactiva
36	Ver lista juegos	35	Sistema	Se muestran los juegos asignados por el terapeuta además de las siguientes opciones para cada uno: - Jugar - Eliminar	Automática
37	Seleccionar opción juego	36	Paciente	Selecciona jugar o no jugar el juego.	Interactiva
38	Jugar juego	37	Paciente	Se accede a jugar el juego.	Abstracta
39	Mostrar resultados	38	Sistema	Muestra los resultados que obtuvo el paciente tras jugar.	Automática
40	Eliminar juego	37	Paciente	Se eliminar el juego de la lista.	Interactiva
41	Ver historial juegos	35	Sistema	Ve el historial de sus juegos realizados, en cuales tuvo éxito y en cuales fracaso.	Automática

### *Modelado de tareas*

En la siguiente fase se convierten las actividades identificadas en los modelos de tareas. Se inicia con la identificación de procesos (modelado de alto nivel) que refleja el flujo de trabajo comúnmente conocido como workflow. Para modelar los procesos es utilizada la herramienta YAWL (The YAWL Foundation, 2013), un sistema para la administración de procesos de negocio (BPM, por sus siglas en inglés) y creación de workflows. Basado en las redes de Petri propuestas por Carl Adam Petri en su tesis doctoral en 1962, YAWL aporta una adaptación (Figura 20) que optimiza los diseños con su herramienta (Russell, ter Hofstede, Adams, & Wil, 2009).

## DESARROLLO DE ESPACIOS VIRTUALES PARA ENTRENAMIENTO DE LAS ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA

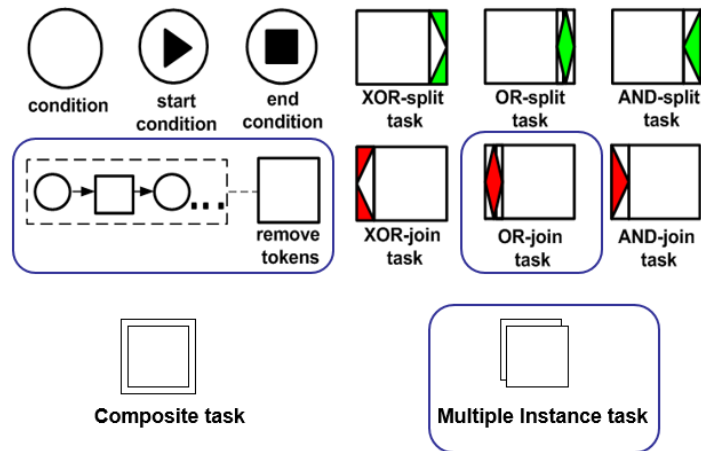


Figura 20 YAWL Notación

Siguiendo la notación de YAWL se crea la especificación del flujo de trabajo (Figura 21) basado en la descripción del problema e identificación de las tareas. Se observa que existen dos condiciones (paciente o terapeuta) que llevan a distintos escenarios. Algunas tareas llevan la imagen de unos pequeños engranes que especifican que son de naturaleza automática, por ejemplo Mostrar usuarios, Mostrar opciones paciente, Mostrar opciones terapeuta, etc. Particularmente la actividad Jugar juego es una tarea de múltiple instancia es decir que está compuesta por muchas tareas. En este punto del diseño se aprecia la modularidad de nuestra solución puesto que permite extender e integrar las instancias que se deseen como parte de este workflow. Es decir Jugar juego puede ser otro submodelo que representa un juego de lenguaje o un juego de atención, etc.

# DESARROLLO DE ESPACIOS VIRTUALES PARA ENTRENAMIENTO DE LAS ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA

Specification ID: Diagramadepetri, Net ID: New\_Net\_1

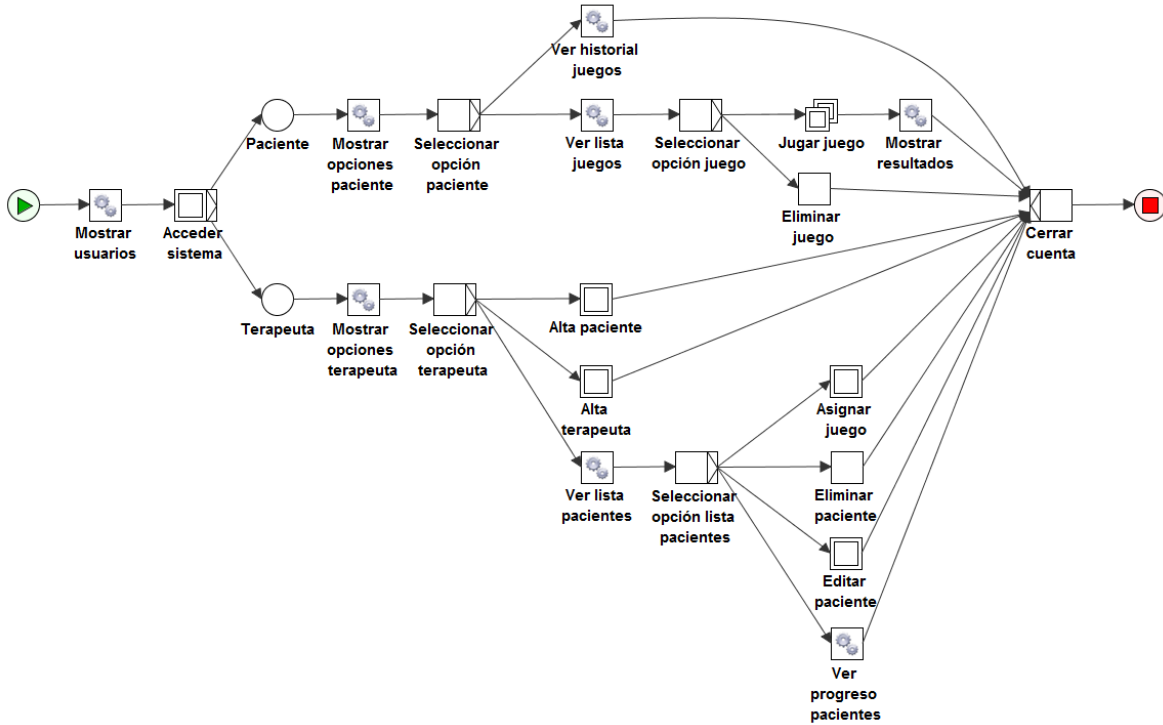


Figura 21 Modelado de tareas de alto nivel del sistema base.

Algunas tareas como *Acceder sistema*, *Alta paciente*, *Alta terapeuta*, *Asignar juego*, *Editar paciente* son de tipo composición por lo que están hechas de submodelos. Esta capa de detalle es el modelado de tareas de bajo nivel. Este trabajo propone utilizar el editor Entorno de Árboles de Tareas Concurrentes (CTTE por sus siglas en inglés) para especificar dichos submodelos.

La Figura 22 corresponde al árbol de tareas de la actividad compuesta *Acceder sistema*. Se divide en 2 subtareas, *Seleccionar usuario* la cual habilita a la actividad *Ingresar contraseña*. Ambas son de naturaleza interactiva como lo demuestra el icono representativo de CTTE.



Figura 22 Modelado de tareas de bajo nivel del sistema base: *Acceder sistema*.

El árbol correspondiente a la tarea *Alta paciente* (Figura 23) se compone de 5 subtareas de orden independiente es decir no existe secuencia obligatoria entre ellas. Todas son de naturaleza

## DESARROLLO DE ESPACIOS VIRTUALES PARA ENTRENAMIENTO DE LAS ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA

interactiva. De igual manera el *Alta terapeuta* (Figura 24) contiene 3 subtareas de orden independiente y naturaleza interactiva.

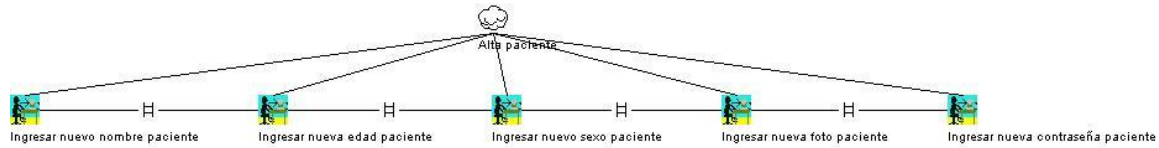


Figura 23 Modelado de tareas de bajo nivel del sistema base: Alta paciente



Figura 24 Modelado de tareas de bajo nivel del sistema base: Alta terapeuta

En la Figura 25 se aprecia la tarea *Mostrar lista juegos asignar* la cual es una actividad de tipo automática parte de *Asignar juego*. *Mostrar lista juegos asignar* habilita a la tarea interactiva *Seleccionar juego asignar*, la cual posteriormente activa la opción de *Configurar* (Figura 26) que se encuentra compuesta por múltiples tareas interactivas de orden independiente. Finalmente *Editar paciente* (Figura 27) es un árbol de tareas interactivas de orden independiente.

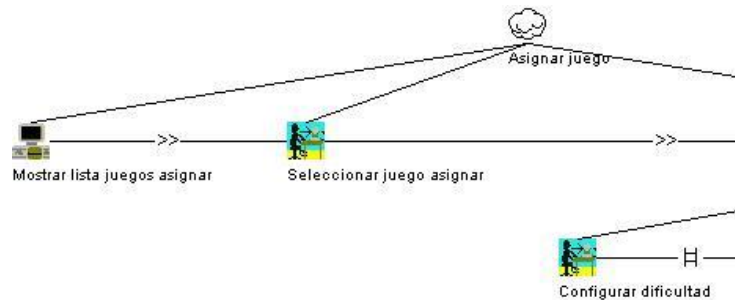


Figura 25 Modelado de tareas de bajo nivel del sistema base: Asignar juego (i)

# DESARROLLO DE ESPACIOS VIRTUALES PARA ENTRENAMIENTO DE LAS ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA

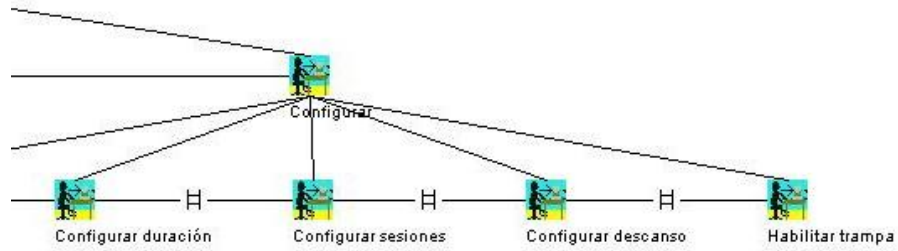


Figura 26 Modelado de tareas de bajo nivel del sistema base: Asignar juego (ii)

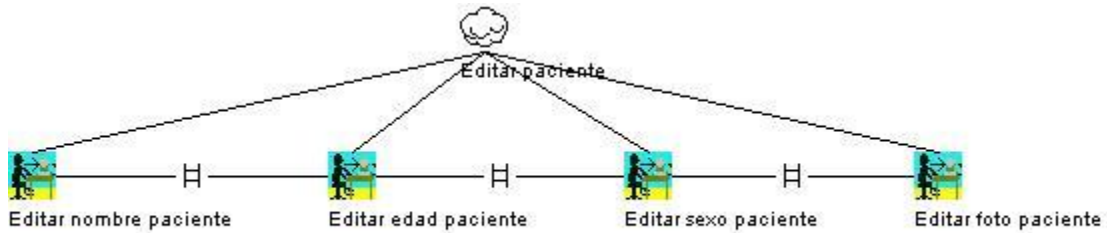


Figura 27 Modelado de tareas de bajo nivel del sistema base: Editar paciente

## Transformación de modelos a interfaz de usuario abstracta (AUI)

Una vez establecidos los modelos de alto y bajo nivel, se procede a identificar los contenedores abstractos y los componentes individuales abstractos (Figura 28) que formarán parte de futuras interfaces. Estas conversiones se realizan siguiendo las reglas de transformación propuestas en la metodología Cameleon (Capítulo 3).

Tabla 12 Notación de la transformación de modelos a AUI

	Representación
Contenedor abstracto	
Componente individual abstracto	

## DESARROLLO DE ESPACIOS VIRTUALES PARA ENTRENAMIENTO DE LAS ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA

Se establece como un contenedor abstracto a las tareas que se subdividen en otras tareas. Cuando una tarea ya no se puede dividir se considera como un componente individual abstracto. La identificación es aplicada tanto a los modelos de alto nivel (Figura 28) como los de bajo nivel (Figura 29-33). Dentro del diagrama de Petri las tareas compuestas son automáticamente componentes abstractos.

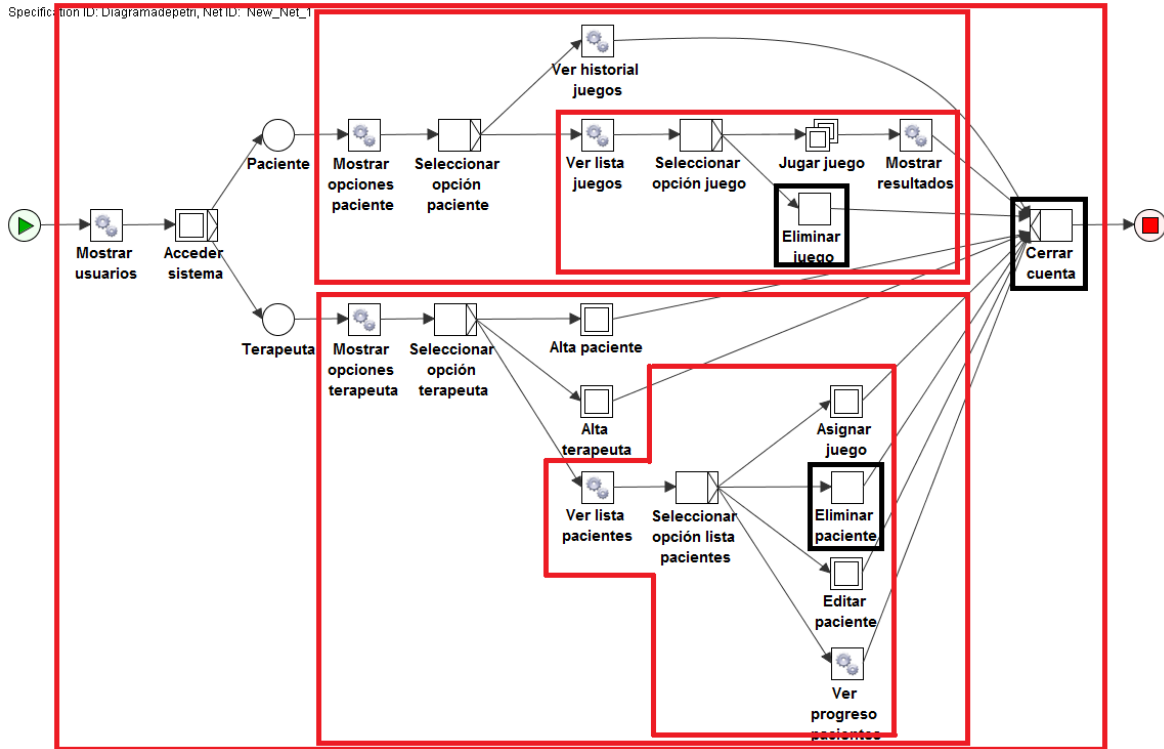


Figura 28 De modelos de alto nivel a AUI: Sistema Base

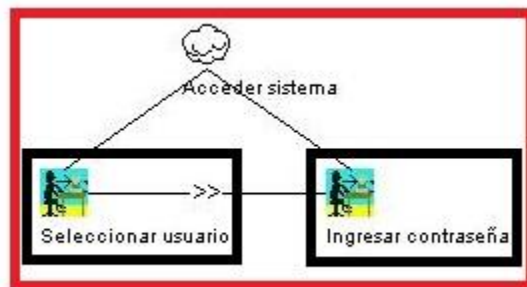


Figura 29 De modelos de bajo nivel a AUI del sistema base: Acceder sistema

## DESARROLLO DE ESPACIOS VIRTUALES PARA ENTRENAMIENTO DE LAS ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA

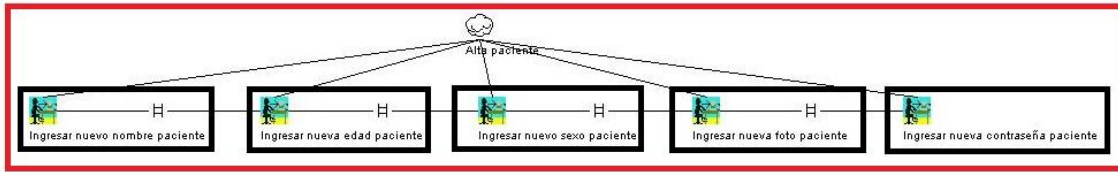


Figura 30 De modelos de bajo nivel a AUI del sistema base: Alta paciente



Figura 31 De modelos de bajo nivel a AUI del sistema base: Alta terapeuta

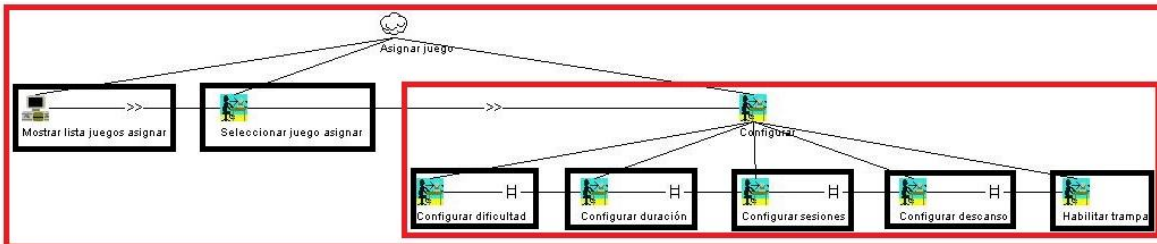


Figura 32 De modelos de bajo nivel a AUI del sistema base: Asignar juego

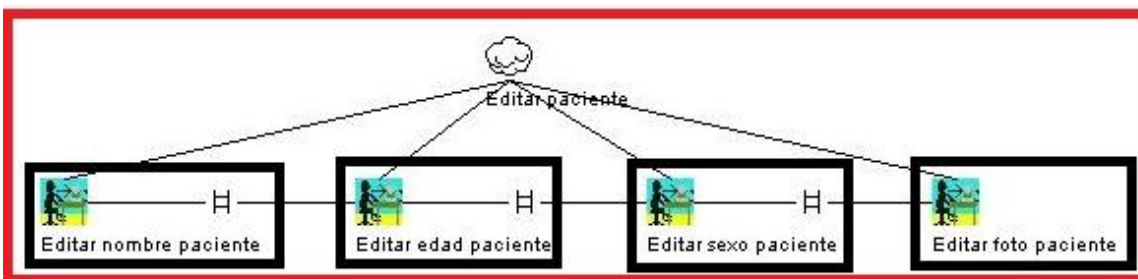


Figura 33 De modelos de bajo nivel a AUI del sistema base: Editar paciente

### Transformación de interfaz de usuario abstracta (AUI) a interfaz de usuario concreta (CUI)

A partir de este punto es posible transformar los modelos a interfaces. En este trabajo se propone utilizar Microsoft Kinect Sensor como dispositivo de interacción humano-computadora, pero

## DESARROLLO DE ESPACIOS VIRTUALES PARA ENTRENAMIENTO DE LAS ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA

tampoco limita el poder usar dispositivos convencionales de la computadora como mouse y teclado. Las razones del porque usar Kinect son muchas pero principalmente el hecho de ser una NUI; también, el dispositivo provoca un mayor efecto de inmersión a los entornos virtuales.

Para la transformación a nuestra interfaz concreta se utilizan las guías de estilo de Windows para el desarrollo de interfaces de usuario con Kinect (Microsoft Corporation, 2013). Debido a la naturaleza de las interfaces de Kinect cada contenedor abstracto corresponderá a una interfaz individual.

La Figura 37 corresponde a la transformación de la tarea *Acceder sistema* (Figura 29) la cual es en su conjunto un contenedor abstracto. Esta actividad está dividida en la tarea *Seleccionar usuario* que es un componente individual abstracto e indica que se debe representar como un elemento de selección. La guía de estilo revela que un elemento de selección se representa como botones alineados horizontalmente y deslizables (Figura 34). Existe una regla de tamaño (Figura 35) en la guía de estilo para estos botones, menciona que es proporcional a la dimensión de la ventana. *Seleccionar usuario* habilita a la tarea *Ingresar contraseña* que igualmente es un componente individual pero de tipo ingresar datos. La guía sugiere campos de texto como en las interfaces convencionales pero al ser una NUI se requiere de modo especial para ingresar texto. Los caracteres son ingresados gracias a un alfabeto en un conjunto de botones estilo selección que emerge por la parte inferior en la pantalla (Figura 36). Recalcando, la guía sugiere no limitar a ingresar texto por medio del reconocimiento de gestos por lo que la opción de realizarlo manualmente con teclado está disponible.

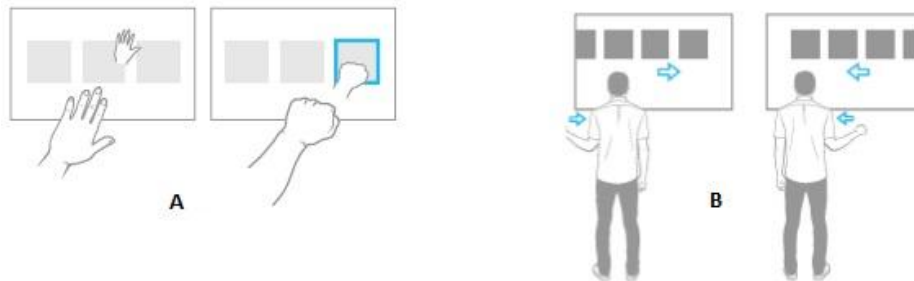


Figura 34 (A) Interfaz gestual de selección. (B) Alineación y desplazamiento de botones.

## DESARROLLO DE ESPACIOS VIRTUALES PARA ENTRENAMIENTO DE LAS ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA

	Kinect Region (px)		Button (px)
	Width	Height	Width/Height
<b>UHDTV</b>	7680	4320	880
<b>(W)QHD</b>	2560	1440	294
<b>1080p</b>	1920	1080	220
<b>WSXGA+</b>	1680	1050	214
<b>HD+</b>	1600	900	184
<b>WXGA+</b>	1440	900	184
<b>WXGA</b>	1366	768	157
<b>720p</b>	1280	720	147
<b>XGA</b>	1024	768	157
<b>SD</b>	720	480	98
<b>HVGA</b>	480	320	66

Figura 35 Reglas de tamaño para botones en interfaces con Kinect.



Figura 36 Interfaz de ingresar datos para Kinect.

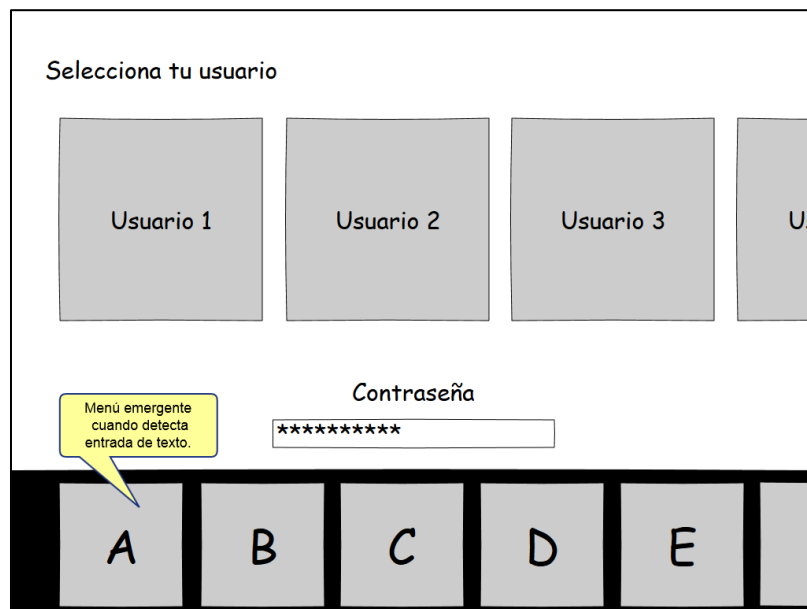


Figura 37 CUI del sistema base: Acceder sistema

En la Figura 39 se aprecia la interfaz de usuario correspondiente a la tarea *Alta paciente* (Figura 30) que es un contenedor abstracto tipo formulario. Se subdivide en las actividades *Ingresar nuevo*

## DESARROLLO DE ESPACIOS VIRTUALES PARA ENTRENAMIENTO DE LAS ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA

*nombre paciente*, *Ingresar nueva edad paciente*, *Ingresar nueva contraseña paciente* que son elementos de ingresar datos y son representados de acuerdo a la guía de estilo. El componente individual *Ingresar nueva edad paciente* es un elemento de selección tipo formulario. Finalmente la tarea *Ingresar nueva foto paciente* es un campo para ingresar datos pero de tipo multimedia que realiza directamente por medio del Kinect.

Estos escenarios ya descritos se repiten en el resto de las interfaces de manera similar. En algunas se encuentran casos particulares de transformación como por ejemplo la Figura 41 que corresponde a la tarea *Asignar juego* (Figura 32). Esta interfaz de usuarios contiene un elemento de deslizamiento en la actividad *Configurar dificultad* similar al que se usaría en un componente de zoom (Figura 38). También se observa *Habilitar trampa* que es un elemento tipo casilla de verificación.



Figura 38 Interfaz de deslizamiento para Kinect.

### Nuevo paciente [Cerrar cuenta](#)

**Nombre**

**Edad**

**Sexo**  
 ▼

**Contraseña**

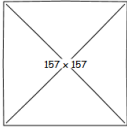
**Foto**  


Figura 39 CUI del sistema base: Nuevo paciente

The screenshot shows a registration form titled "Nuevo terapeuta" with a "Cerrar cuenta" link in the top right. The form contains three sections: "Nombre" with a text input field containing "text"; "Contraseña" with a password input field containing "\*\*\*\*\*"; and "Foto" with a square placeholder for a profile picture, labeled "157 x 157".

Figura 40 CUI del sistema base: Nuevo terapeuta

The screenshot shows a configuration screen titled "Selecciona un juego" with a "Cerrar cuenta" link in the top right. At the top, there are six buttons labeled "Juego 1" through "Juego 6". Below these is a configuration panel with three sections: "Dificultad" with a slider control; "Descanso" with a numeric input field set to "10"; "Duración" with a numeric input field set to "10"; "Sesiones" with a numeric input field set to "10"; and a checkbox labeled "Trampa" which is checked.

Figura 41 CUI del sistema base: Asignar juego

Edita los datos [Cerrar cuenta](#)

Nombre  
text

Edad  
text

Sexo  
text goes here ▼

Foto  
157 x 157

Figura 42 CUI del sistema base: Editar paciente

Selecciona un juego [Cerrar cuenta](#)

Juego 1 Juego 2 Juego 3 Ju

Menú emergente cuando se selecciona un juego.

Jugar Eliminar

Figura 43 CUI del sistema base: Lista de juegos



Figura 44 CUI del sistema base: Lista de pacientes

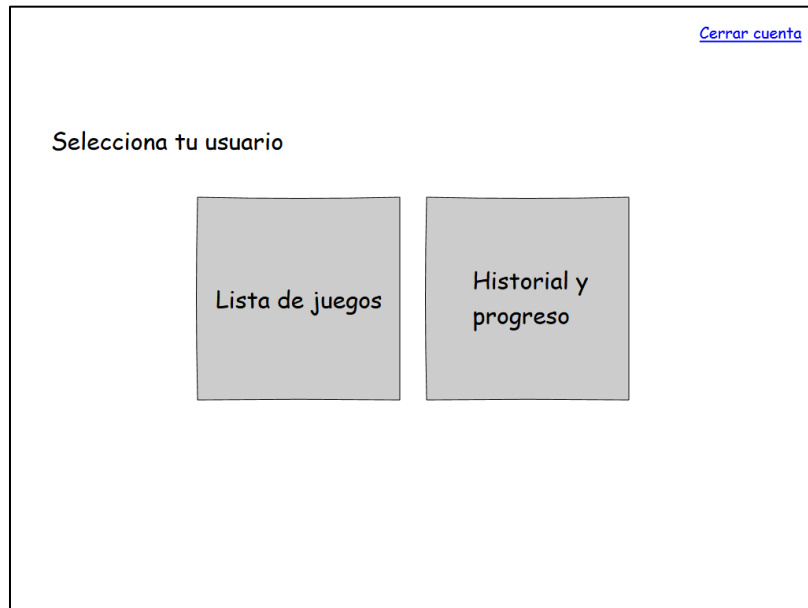


Figura 45 CUI del sistema base: Menú paciente

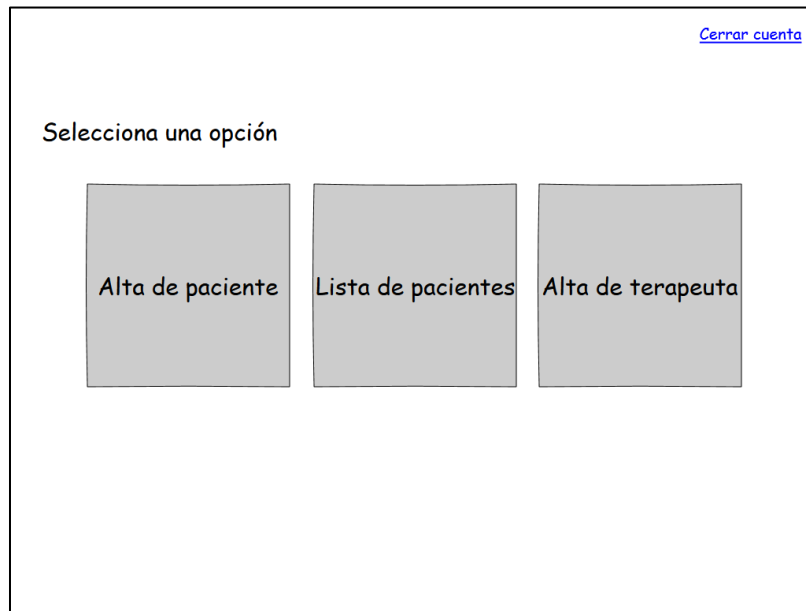


Figura 46 CUI del sistema base: Menú terapeuta

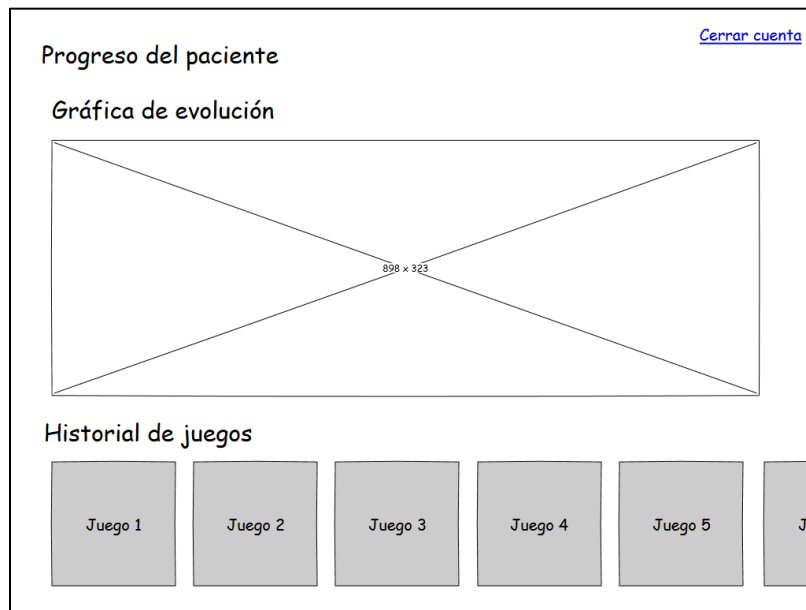


Figura 47 CUI del sistema base: Progreso del paciente

#### 4.2.2 Juego de memorización de objetos

##### *Descripción del problema*

Una vez que el paciente selecciona jugar (y), accede al juego. El escenario consta de un baño en el cual:

1. Se le presentan objetos al paciente.
2. Después de un momento se le pide al paciente que los memorice.
3. Siguiendo alguno de los objetos es reemplazado por otro.

## DESARROLLO DE ESPACIOS VIRTUALES PARA ENTRENAMIENTO DE LAS ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA

4. Se solicita al paciente identifique y seleccione el objeto que fue reemplazado.
5. En caso de no acertar se le dará otra oportunidad hasta el éxito; de lo contrario, se finaliza.

La dificultad y repeticiones están sujetos a la configuración determinada por el terapeuta. La dificultad determina el número de objetos que se presentan para memorizar y la similitud que existe entre ellos.

### Identificación de las tareas

Se identifican las tareas, su flujo, el rol que las realiza y su naturaleza (Tabla 13).

Tabla 13 Identificación de tareas del juego de memorización de objetos

No.	Nombre	Predecesor	Rol	Definición	Naturaleza
1	Mostrar objetos	-	Sistema	Muestra los objetos.	Automática
2	Memorizar objetos	1	Paciente	Memoriza los objetos presentados.	Manual
3	Reemplazar objetos	2	Sistema	Reemplaza un objeto por otro.	Automática
4	Mostrar nuevos objetos	3	Sistema	Muestra los objetos con el nuevo elemento reemplazado.	Automática
5	Seleccionar objeto	4	Paciente	Selecciona el objeto que fue intercambiado.	Interactiva

### Modelado de tareas

De la misma manera que en el sistema base y siguiendo la metodología, se procede a diseñar el workflow del juego de memorización de objetos con la herramienta YAWL (Figura 48).

Specification ID: MemorizaciondeObjetos, Net ID: New Net 1

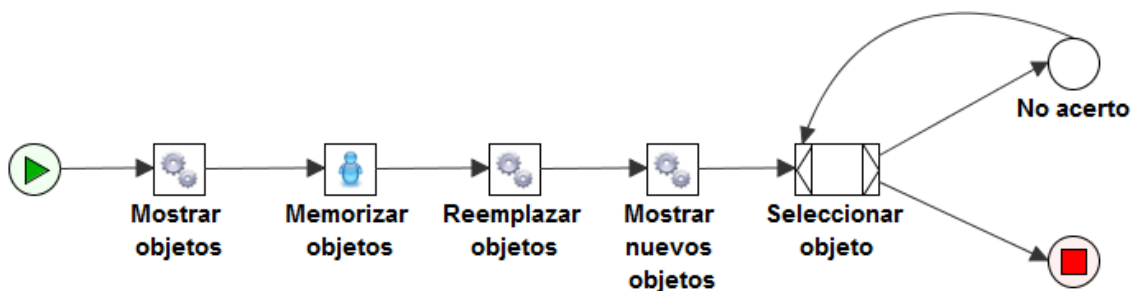


Figura 48 Modelado de tareas de alto nivel del juego de memorización de objetos.

Debido a que nuestro modelo de tareas de alto nivel carece de elementos compuestos, no es necesario crear modelos de bajo nivel.

### Transformación de modelo de tareas a interfaz de usuario abstracta (AUI)

Continuando con la transformación de los modelos, se identifican los contenedores abstractos que lo componen. Se utiliza la notación de la Tabla 12 para remarcar los contenedores abstractos y los componentes individuales abstractos.

# DESARROLLO DE ESPACIOS VIRTUALES PARA ENTRENAMIENTO DE LAS ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA

Specification ID: MemorizaciondeObjetos, Net ID: New Net 1

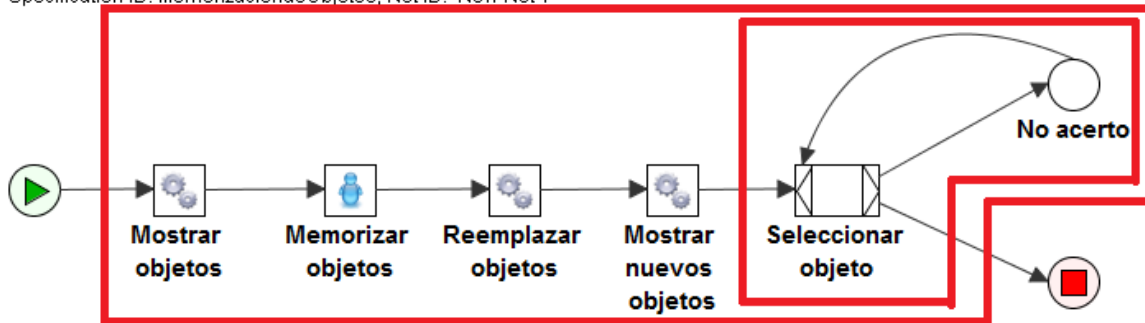


Figura 49 De modelo de alto nivel a AUI: Memorización de objetos.

## Transformación de interfaz de usuario abstracta (AUI) a interfaz de usuario concreta (CUI)

Se aprecia que en cada una de las tareas del modelo se manipulan objetos. La descripción del problema trata de un baño, por lo tanto los objetos pueden representar cualquier elemento de este entorno. Estos objetos tienen la propiedad de ser seleccionables, esto lo sugiere la tarea *Seleccionar objeto*. Pensando en que esta interfaz está creada para Kinect, el gesto para selección de los objetos es como se aprecia en la Figura 34 (A).

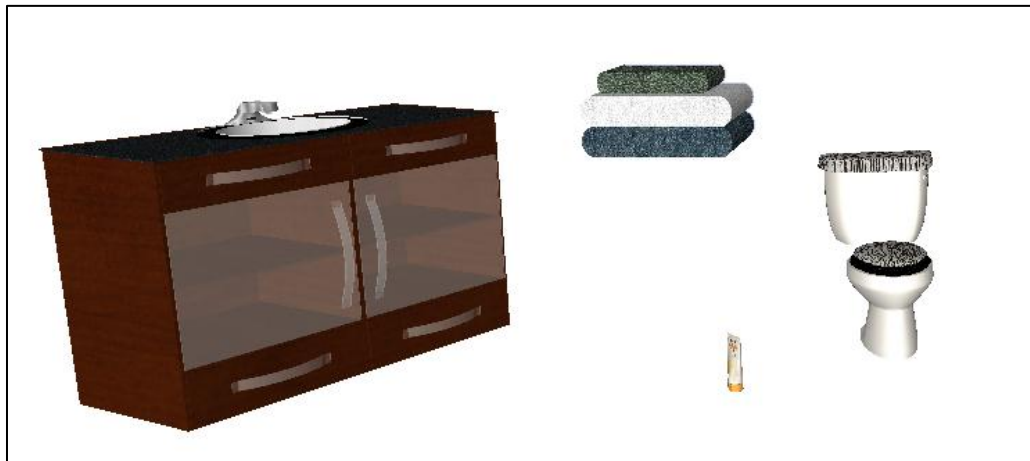


Figura 50 CUI del juego de memorización de objetos.

Al ser un entorno virtual el que se pretende crear, los elementos tienen la característica de estar en 3D. En apoyo, los objetos de la Figura 50 fueron obtenidos del modelo gratuito *A Symphony in Black (Bathroom)* que ofrece el portal Trimble 3D Warehouse (Google, 2013).

### 4.2.3 Juego de reentrenamiento de actividades (Bañarse)

#### Descripción del problema

Una vez que el paciente selecciona jugar (y), accede al juego. El escenario consta de un baño en el cual:

1. Se le presentan los objetos al paciente.
2. Se le solicita al paciente abrir la llave de agua fría.
3. Se le solicita al paciente abrir la llave de agua caliente.

## DESARROLLO DE ESPACIOS VIRTUALES PARA ENTRENAMIENTO DE LAS ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA

4. Se le solicita al paciente tomar el shampoo, después poner un poco en su mano, regresar el shampoo a su lugar y finalmente aplicarlo en la cabeza.
5. Se le solicita al paciente tomar el jabón, siguiente tomar la esponja, aplicar jabón a la esponja, regresar el jabón a su lugar, tallarse con la esponja y finalmente colocar la esponja en su lugar.
6. Se le solicita la paciente cerrar la llave de agua caliente.
7. Se le solicita la paciente cerrar la llave de agua fría.

La dificultad de la sesión está sujeta a la configuración determinada por el terapeuta. Dicha dificultad puede alterar el número de pasos a realizar para lavarse los dientes, así como la existencia o no de un asistente que ejemplifique cada uno de los pasos a realizar.

### Identificación de tareas

Se identifican las tareas, su flujo, el rol que las realiza y su naturaleza (Tabla 14).

Tabla 14 Identificación de tareas del juego de reentrenamiento.

No.	Nombre	Predecesor	Rol	Definición	Naturaleza
1	Mostrar objetos	-	Sistema	Se muestran los objetos.	Automática
2	Abrir llave fría	1	Paciente	Abre la llave del agua fría.	Interactiva
3	Abrir llave caliente	2	Paciente	Abre la llave del agua caliente.	Interactiva
4	Agarrar shampoo	3	Paciente	Agarra la botella de shampoo.	Interactiva
5	Echar shampoo mano	4	Paciente	El paciente echa shampoo en la mano.	Interactiva
6	Regresar shampoo	5	Paciente	Regresa la botella de shampoo a su lugar.	Interactiva
7	Aplicar shampoo	6	Paciente	Aplica el shampoo.	Interactiva
8	Agarrar jabón	3	Paciente	Agarra la barra de jabón.	Interactiva
9	Agarrar esponja	8	Paciente	Agarra la esponja.	Interactiva
10	Aplicar jabón esponja	9	Paciente	Aplicar jabón a la esponja.	Interactiva
11	Regresar jabón	10	Paciente	Regresar la barra de jabón a su lugar.	Interactiva
12	Tallarse esponja	11	Paciente	Tallarse con la esponja.	Interactiva
13	Regresar esponja	12	Paciente	Regresar la esponja a su lugar.	Interactiva
14	Cerrar llave caliente	7, 13	Paciente	Cierra la llave de agua caliente.	Interactiva
15	Cerrar llave fría	14	Paciente	Cierra la llave de agua fría.	Interactiva

### Modelado de tareas

Siguiendo la metodología, se pasa de las tareas a los modelos alto y bajo nivel. Primeramente el desarrollo del workflow (Figura 50) por medio de la herramienta YAWL ya mencionada. Posteriormente los modelos de bajo nivel creados con CTTE (Figura 52-53). Se observa en el workflow 2 tareas compuestas: *Shampoo* y *Enjabonarse*, estas contiene submodelos de bajo nivel.

# DESARROLLO DE ESPACIOS VIRTUALES PARA ENTRENAMIENTO DE LAS ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA

Specification ID: Reentrenamiento, Net ID: New Net 1

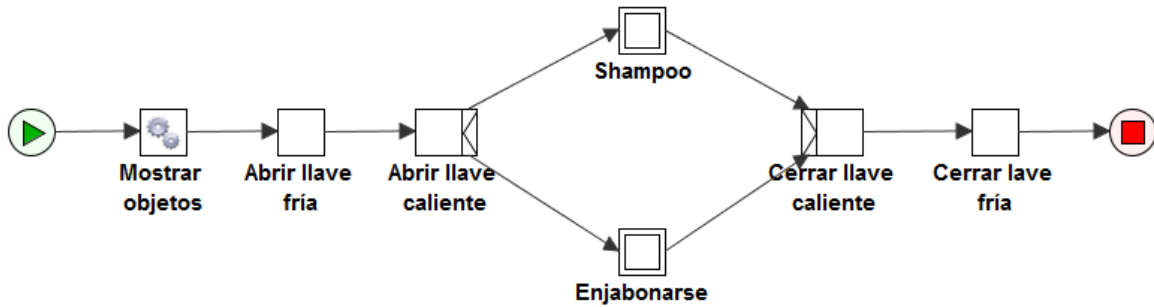


Figura 51 Modelado de tareas de alto nivel del juego de reentrenamiento.

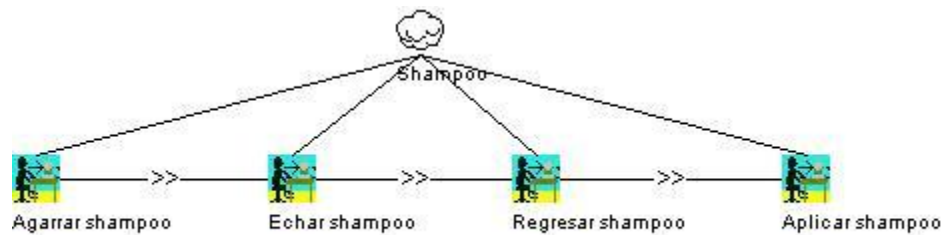


Figura 52 Modelado de tareas de bajo nivel del juego reentrenamiento: Shampoo



Figura 53 Modelado de tareas de bajo nivel del juego reentrenamiento: Enjabonarse

## Transformación de modelos de tareas a interfaz de usuario abstracta (AUI)

Siguiendo la metodología, se realiza la transformación de los modelos de tareas a la identificación de sus contenedores y componentes. En la Figura 54 se aprecia un contenedor abstracto y dentro componentes individuales abstractos; además, como previamente se mencionó 2 tareas compuesta que por naturaleza son contenedores abstractos. Posteriormente la transformación de los modelos de bajo nivel es un contenedor abstracto compuesto de varios elementos individuales (Figura 55-56).

# DESARROLLO DE ESPACIOS VIRTUALES PARA ENTRENAMIENTO DE LAS ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA

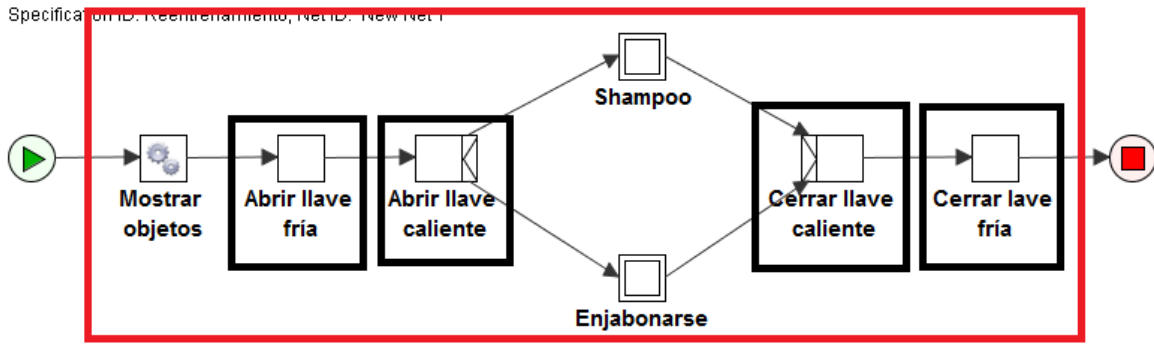


Figura 54 De modelo de alto nivel a AUI: Reentrenamiento.

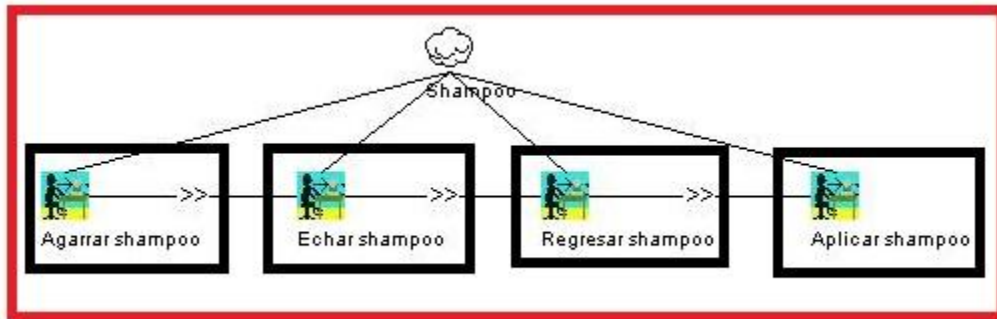


Figura 55 De modelos de bajo nivel a AUI del juego reentrenamiento: Shampoo.

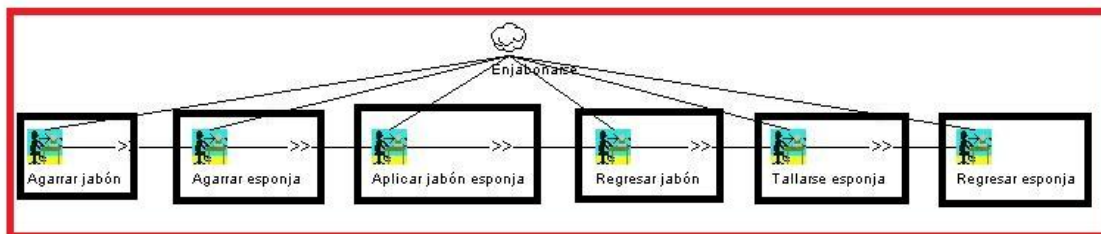


Figura 56 De modelos de bajo nivel a AUI del juego reentrenamiento: Enjabonarse.

## Transformación de interfaz de usuario abstracta (AUI) a interfaz de usuario concreta (CUI)

Anteriormente se especificó en la guía de estilo para desarrollar interfaces de usuario para Kinect como seleccionar elementos. Complementando, la guía sugiere otras técnicas de interfaz gestual. En la Figura 57 parte A se aprecia el *gesto de aprendizaje* utilizados como su nombre lo dice, para que el usuario los aprenda antes de empezar a usar Kinect. En la parte B se encuentra el *gesto estático* usado para identificar formas específicas. Siguiendo la parte C el *gesto dinámico*, que son movimientos definidos que permiten al usuario controlar o manipular directamente un objeto. Para

## DESARROLLO DE ESPACIOS VIRTUALES PARA ENTRENAMIENTO DE LAS ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA

finalizar la parte D son los *gestos continuos*, son movimientos prolongados donde no hay una forma específica pero se utilizan para interactuar con la aplicación (Microsoft Corporation, 2013).

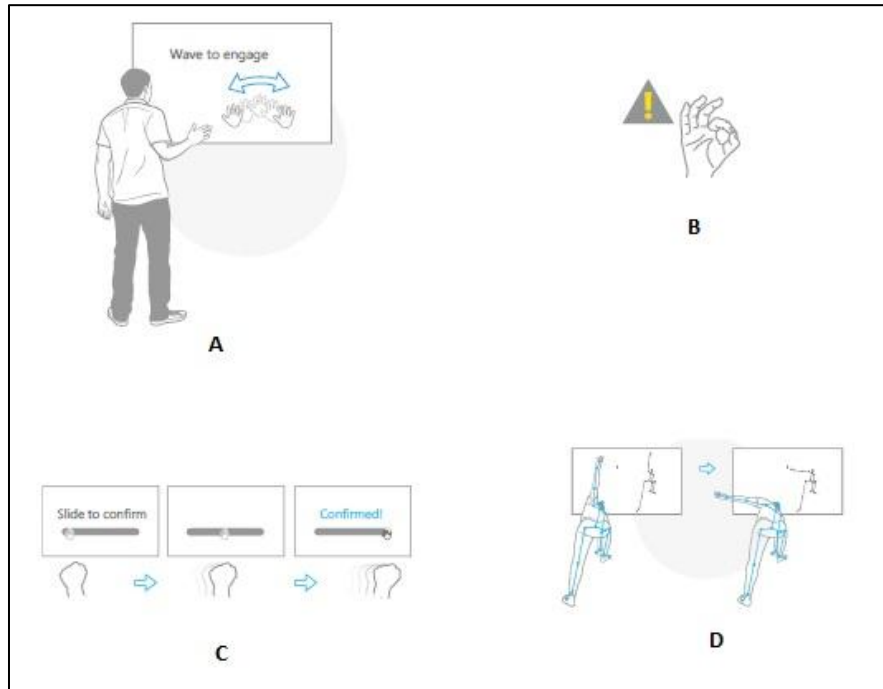


Figura 57 Interfaces gestuales para Kinect: (A) Gesto de aprendizaje (B) Gesto estático (C) Gesto dinámico (D) Gesto continuo.

Tomando como los gestos de la guía de estilo para Kinect se pueden transformar los modelos a interfaces. Es clara la existencia de objetos pero a diferencia del juego de memorización, estos elementos están especificados: *llave fría*, *llave caliente*, *shampoo*, *jabón* y *esponja*. Para mapear el modelo de alto nivel (Figura 54) es necesario identificar a qué tipo de interfaz gestual corresponden los componentes individuales abstractos.

Tabla 15 Juego de reentrenamiento: mapeo de modelo de alto nivel a interfaz gestual.

Componente individual abstracto	Interfaz gestual	Justificación
<b>Abrir llave fría</b>	Selección + Dinámica	Abrir requiere de primero seleccionar y después trasladar el objeto.
<b>Abrir llave caliente</b>	Selección + Dinámica	Abrir requiere de primero seleccionar y después trasladar el objeto.
<b>Cerrar llave fría</b>	Selección + Dinámica	Cerrar requiere de primero seleccionar y después trasladar el objeto.
<b>Cerrar llave caliente</b>	Selección + Dinámica	Cerrar requiere de primero seleccionar y después trasladar el objeto.

Siguiente se procede a mapear con la misma técnica los componentes individuales abstractos de los modelos de bajo nivel.



## DESARROLLO DE ESPACIOS VIRTUALES PARA ENTRENAMIENTO DE LAS ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA

Tabla 16 Juego de reentrenamiento: mapeo de modelo de bajo nivel a interfaz gestual.

Componente individual abstracto	Interfaz gestual	Justificación
Agarrar shampoo	Selección	Agarrar requiere de seleccionar el objeto.
Echar shampoo	Dinámica	Echar requiere de trasladar el objeto a una zona específica.
Regresar shampoo	Dinámica	Regresar requiere de trasladar el objeto a una zona específica.
Aplicar shampoo	Dinámica	Aplicar requiere de un movimiento específico.
Agarrar jabón	Selección	Agarrar requiere de seleccionar objeto.
Agarrar esponja	Selección	Agarrar requiere de seleccionar objeto.
Aplicar jabón esponja	Dinámica	Aplicar requiere de trasladar los objetos a una zona requerida.
Regresar jabón	Dinámica	Regresar requiere de trasladar el objeto a una zona específica.
Tallarse esponja	Dinámica	Tallarse requiere de un movimiento especial.
Regresar esponja	Dinámica	Regresar requiere de trasladar el objeto a una zona específica.

Ya identificado el tipo de interfaz gestual corresponde, es posible realizar la transformación. Para ello se usara la siguiente notación a modo de visualizar los gestos:

Tabla 17 Notación para interfaces de gestos.

Gesto	Notación
Selección	
Dinámico	

A continuación la Figura 58 representa la transformación a interfaz concreta de los componentes individuales abstractos: *Abrir llave fría* y *Abrir llave caliente*. La Figura 59 es la conversión de las tareas *Cerrar llave fría* y *Cerrar llave caliente* que también corresponden al mismo contenedor. Posteriormente se transforman los contenedores abstractos y sus componentes, *Shampoo* y *Enjabonarse*, Figura 60 y Figura 61 respectivamente. En el caso de *Aplicar* y *Tallarse*, la flecha bidireccional representa un movimiento vaivén. De la misma manera, los cuadros de *Zona* indican que el objeto se traslada a una zona requerida.

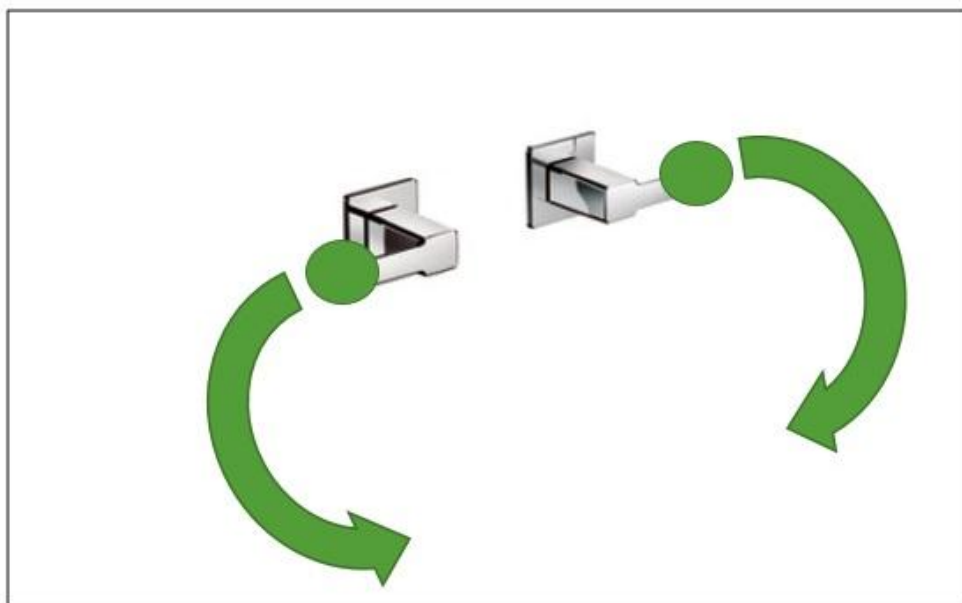


Figura 58 CUI del juego de reentrenamiento: Abrir llave fría, Abrir llave caliente.

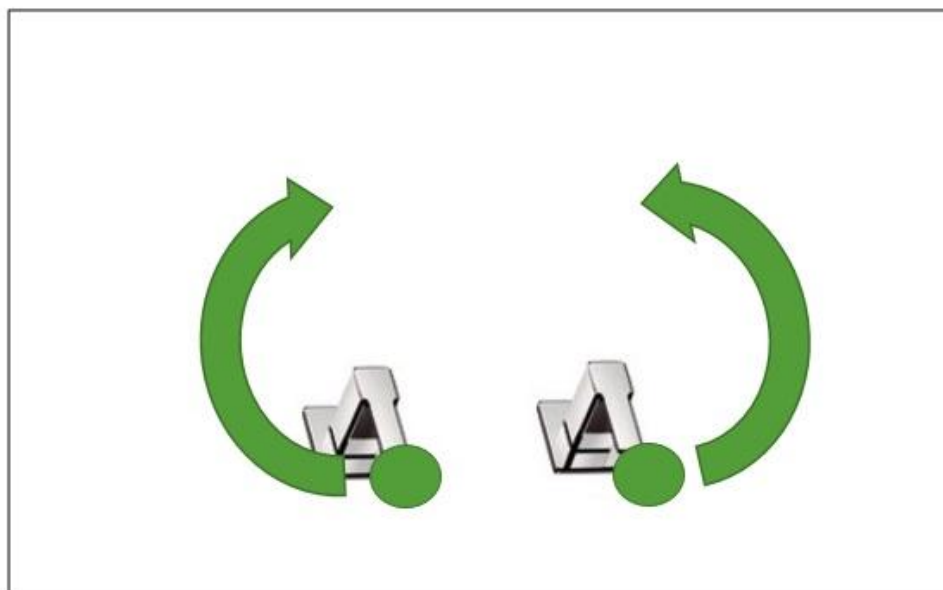


Figura 59 CUI del juego de reentrenamiento: Cerrar llave fría, Cerrar llave caliente.

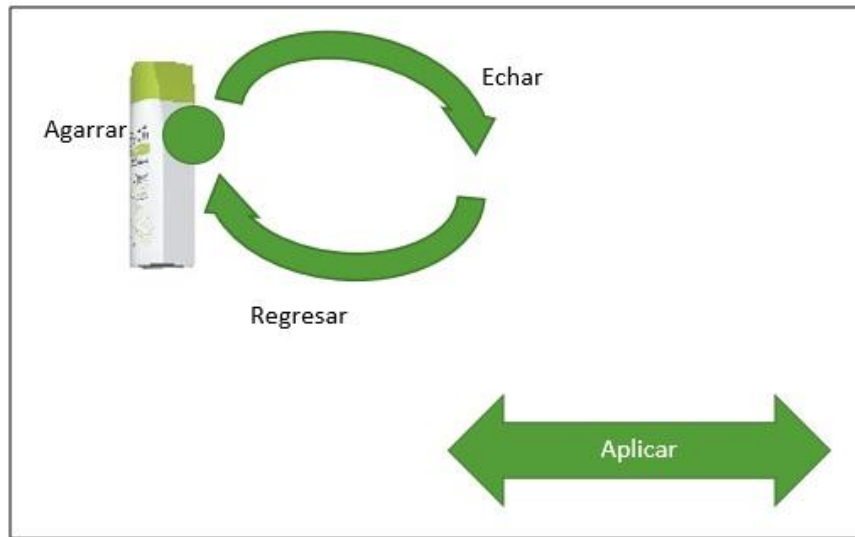


Figura 60 CUI del juego de reentrenamiento: Shampoo.

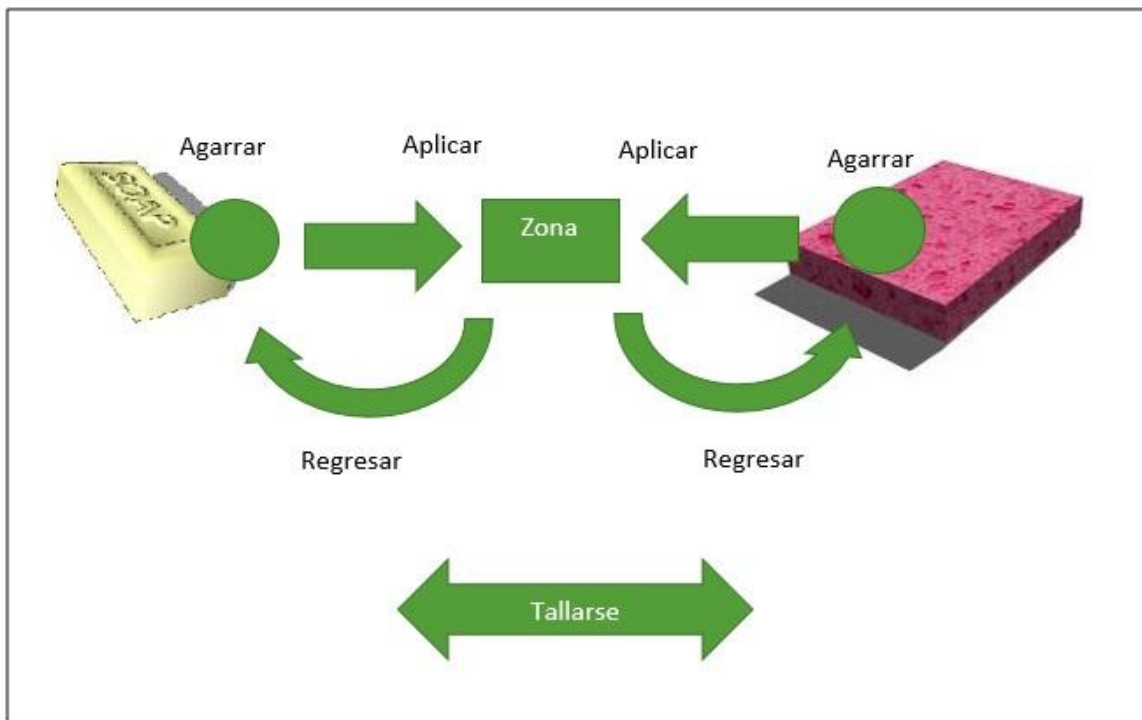


Figura 61 CUI del juego de reentrenamiento: enjabonarse.

## Capítulo 5. CONCLUSIONES

El desarrollo de sistemas enfocados a la rehabilitación cognitiva es mínimo en comparación con la gran necesidad existente. De igual manera es poco el material que hace referencia a como diseñar aplicaciones o videojuegos para el área. Los criterios propuestos en la tesis servirán como pauta a futuros desarrolladores interesados en crear aplicaciones o entornos virtuales con enfoques a la rehabilitación cognitiva. El conjunto de criterios fue formado por una combinación de diversas perspectivas para rehabilitación tanto física como cognitiva. Esta característica hace que los criterios planteados abarcan el mayor de los detalles posibles.

Como ya se mencionó en la actualidad son pocos los sistemas dedicados a esta materia. Existen otras aplicaciones no precisamente enfocadas a la rehabilitación cognitiva, pero que solo sirven como apoyo para los especialistas en temas cognitivos. Debido a la falta de especialización de dichas aplicaciones en el área, estas carecen de varias características que hacen a un sistema verdaderamente eficaz para rehabilitación cognitiva. Las tablas comparativas del Capítulo 2 muestran en que puntos cumplen o no estos programas desde el punto de vista de las aproximaciones, los criterios y la tecnología.

Cumpliendo con los objetivos planteados, la solución para el desarrollo de espacios virtuales para entrenamiento de las actividades de la vida propuesta en este trabajo es independiente de cualquier plataforma o dispositivo. Utilizando como base el marco de referencia Cameleon, los modelos creados en esta tesis pueden ser adaptados a cualquier otra plataforma o modo de interacción, no necesariamente a la elegida en este trabajo. La solución propuesta fue dividida en 2 partes: el sistema base y los juegos. En particular el sistema base tiene la propiedad de ser orientado a componentes en cuanto a los juegos, así se aprecia en su modelo. Esta característica permite que la solución sea modular, por lo tanto es posible agregar juegos sin afectar el flujo de trabajo del sistema base.

Por otra parte se vio el desarrollo de dos juegos como complemento a nuestra solución. Primeramente el juego de memorización de objetos trae beneficios restaurativos o de prevención degenerativa a pacientes con déficits en memoria y atención. Destinado a niños, adultos y personas de las 3ra edad con algún problema por traumatismo craneoencefálico, Alzheimer, amnesia, demencia, etc. El planteamiento del baño está enfocado a personas que sufrieron accidentes en este escenario. Esto ayuda a que los pacientes se reintegren, familiarizándolos con el entorno; además, entender los conceptos básicos de la representación visual de los objetos. Posteriormente el juego de reentrenamiento de actividades está diseñado para terapias de ejecución de funciones. También destinado a los 3 grupos de personas, ayuda a que los pacientes se pueden reintegrar a la actividad de la vida diaria, en este caso, aprender a bañarse. Esto hace que la práctica cada vez haga más independiente al paciente para realizar su tarea. Enfocado a personas que sufrieron accidentes en el baño. El juego permite la reintegración del paciente al entorno.

Tabla 18 Comparación de la solución vs las aproximaciones.

Solución	Aproximaciones			
	Compensación	Restauración	Meta-Cognición	Realidad Virtual
	No	Sí	Sí	Sí

## DESARROLLO DE ESPACIOS VIRTUALES PARA ENTRENAMIENTO DE LAS ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA

La relación entre la solución y las aproximaciones es clara indicando que se atienden estrategias de restauración, meta-cognición y realidad virtual. Esto va sujeto de los juegos y como se mencionó durante muchas ocasiones durante el desarrollo del trabajo, la solución está basada en componentes, por lo tanto es posible extender la cantidad y tipo de juegos.

Tabla 19 Comparación de la solución vs criterios (i).

	Criterios														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Solución	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí

Tabla 20 Comparación de la solución vs criterios (ii).

	Criterios														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	
Solución	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí	

En este análisis de comparación de la solución con respecto a la propuesta de criterios se observa que el apego es casi completo. Principalmente en los últimos puntos, los cuales tienen como finalidad considerar la decisión del afectado sobre lo que está haciendo. De esta manera se logran mutuos acuerdos entre terapeuta y paciente.

Tabla 21 Comparación de la solución vs tecnología.

	Tecnología					
	Open Source	Basada en componentes	NUI	Multiplataforma	Multidispositivo (Entrada)	Multidispositivo (Salida)
Solución	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí

Finalmente dada la naturaleza de la metodología, la solución propuesta cumple con los parámetros. Los modelos y el desarrollo de la solución son accesibles a la altura de cualquier detalle, permitiendo que sea Open Source. Se especificó como los juegos no afectan el flujo de trabajo del sistema lo que lo hace modular y flexible a futuras integraciones. Los modelos no dependen de una plataforma por lo que es posibles desarrollar para cualquiera. El mapeo de los modelos tampoco está sujeto a la utilización de dispositivos en concreto, por lo tanto se pueden realizar interfaces para diversos incluyendo interfaces NUI.

### 5.1 TRABAJO FUTURO

- Actualmente se continúa con el desarrollo del sistema. Para ello se está utilizando la herramienta Unity3D la cual es un motor para el desarrollo de juegos y entornos virtuales (Unity Technologies, 2013). Trabajando además con ZDK (Zigfu Development Kit) que es una herramienta de desarrollo que permite la interfaz entre Unity3D y Kinect Sensor (Zigfu, 2012). Funciona principalmente como complemento para la plataforma Unity. La Figura 62-64 representa la transformación de las interfaces CUI de la solución a interfaces de usuario final (FUI) como lo propone la metodología.

## DESARROLLO DE ESPACIOS VIRTUALES PARA ENTRENAMIENTO DE LAS ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA

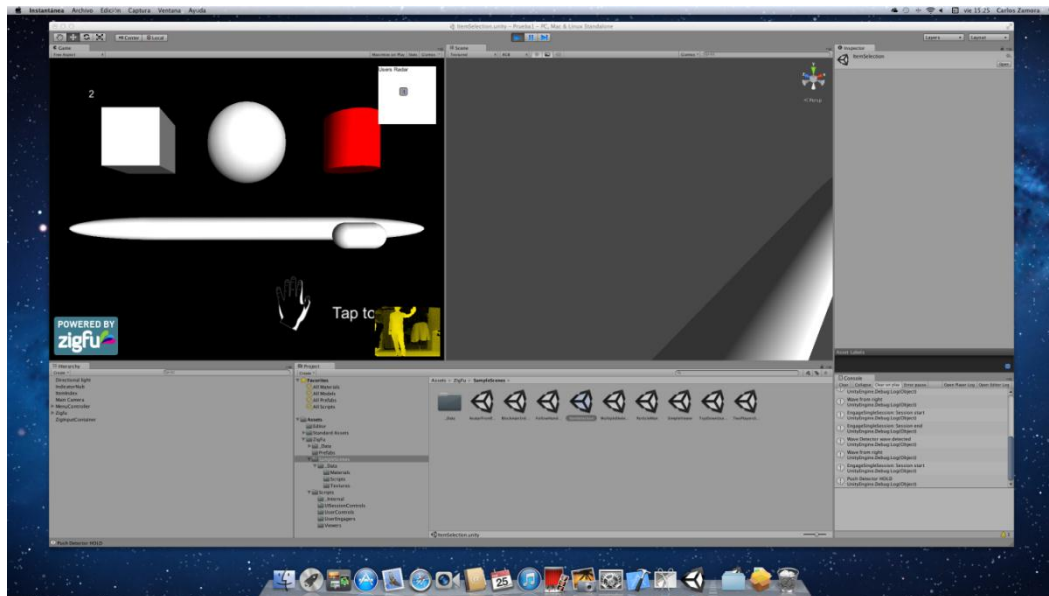


Figura 62 Unity3D + Zigfu + Kinect

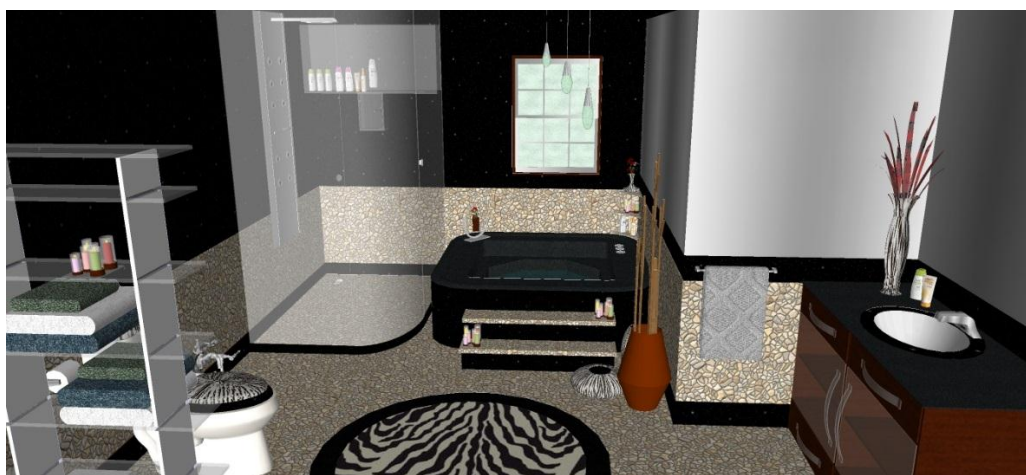


Figura 63 Entorno virtual del baño para la memorización de objetos.



*Figura 64 Entorno virtuales para el juego de reentrenamiento bañarse.*

- En el futuro extender la colección de juegos que atienden otras características de la rehabilitación cognitiva como lenguaje, viso construcción, etc. También juegos que representen otros entornos virtuales de vida diaria como la cocina, supermercado, etc.
- Realizar más pruebas de usabilidad para garantizar la eficacia del sistema y posteriormente poder ser integrado a clínicas para la rehabilitación cognitiva como parte de sus terapias.

## BIBLIOGRAFÍA

- Amazon. (2 de Noviembre de 2011). *Amazon.com: Body and Brain Connection*. Obtenido de Amazon: <http://www.amazon.com/Body-Brain-Connection-Xbox-360/dp/B0049PBOKW>
- Brahnam, S., & Jain, L. C. (2011). Virtual Reality in Psychotherapy, Rehabilitation and Neurological Assessment. *Paradigms in Healthcare, Springer-Verlag*, 1-9.
- Calvary, G., J., C., D., T., Q., L., L., B., & Vanderdenckt, J. (2003). A Unifying Reference Framework for Multi-Target User Interfaces. *Interfacing with Computers*, 289-308.
- CDC. (25 de Abril de 2011). *Lesiones cerebrales traumáticas en los EE. UU.* Obtenido de Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades: <http://www.cdc.gov/spanish/datos/lesionescerebrales/>
- Chang, Y.-J., Chou, L.-D., Wang, F. T.-Y., & Chen, S.-F. (2013). A kinect-based vocational task prompting system for individuals with cognitive impairments. *Pers Ubiquit Comput*, 351-358.
- Cuppens, E., Raymaekers, C., & Coninx, K. (2005). A Model-Based Design Process for Interactive Virtual Enviroments. *Workshop on Design, Specification, and Verification of Interactive Systems*, 225-236.
- Educamigos. (2012). *Educamigos*. Obtenido de Educamigos: <http://www.educamigos.com/>
- Educamigos. (2013). *SmartBrain - Sistema interactivo de estimulación cognitiva*. Obtenido de SmartBrain - Sistema interactivo de estimulación cognitiva: <http://www.smartbrain.net/>
- Fundació ACE. (2013). *Fundació ACE*. Obtenido de Fundació ACE: <http://www.fundacioace.com/>
- Gamito, P., Oliveira, J., Pacheco, J., Santos, N., Morais, D., Saraiva, T., . . . SottoMayor, C. (2011). The contribution of a VR-based programme in cognitive rehabilitation following stroke. *International Conference on Virtual Rehabilitation*. Zurich: IEEE.
- Gómez Bocanegra, V., & Pantoja Meléndez, C. (2009). *Prevención de accidentes en el hogar. Guía para la población*. Obtenido de Centro Nacional para la Prevención de Accidentes: [http://www.cenapra.salud.gob.mx/imgs/htm2/2009/hogar/Prevencixn\\_de\\_accidentes\\_en\\_el\\_hogar.\\_Guxa\\_para\\_la\\_poblacixn.pdf](http://www.cenapra.salud.gob.mx/imgs/htm2/2009/hogar/Prevencixn_de_accidentes_en_el_hogar._Guxa_para_la_poblacixn.pdf)
- González Rodríguez, B., & Muñoz Marrón, E. (2009). *Estimulación cognitiva por ordenador*. UOC.
- Google. (2013). *3D Warehouse*. Obtenido de Trimble 3D Warehouse: <http://sketchup.google.com/3dwarehouse/>
- Guerrero García, J., González Calleros, J. M., Vanderdonckt, J., & Muñoz Arteaga, J. (2009). A Theoretical Survey of User Interface Description Languages: Preliminary Results. *7th Latin American Web Congress* (págs. 36-43). Los Alamitos: IEEE Computer Society Press.
- Keane, S., Hall, J., & Pheonix, P. (2012). *Meet the Kinect: An Introduction to Programming Natural User Interfaces*. Apress.

## DESARROLLO DE ESPACIOS VIRTUALES PARA ENTRENAMIENTO DE LAS ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA

- Kingler, E., Weiss, P. L., & Joseph, P. -A. (2010). *Virtual reality for learning and rehabilitation*. Paris: Springer Paris.
- Lozano, J.-A., Gil-Gómez, J.-A., Alcañiz, M., Chirivella, J., & Ferri, J. (2009). Activities of Daily Living in a Virtual Reality System for Cognitive Rehabilitation. *IEEE*, 205.
- Lubrini, G., Periañez Morales, J. A., & Ríos-Lago, M. (2011). *Estimulación cognitiva y rehabilitación neuropsicológica*. UOC.
- Mateer, C. A. (2003). Introducción a la rehabilitación cognitiva. *Avances en psicología clínica latinoamericana*, 11-20.
- Microsoft. (2011). *Body and Brain Connection - Xbox.com*. Obtenido de Xbox - Xbox.com: <http://marketplace.xbox.com/en-US/Product/Body-and-Brain-Connection/66acd000-77fe-1000-9115-d8024e4d0827>
- Microsoft Corporation. (2013). *Kinect for Windows: Human Interface Guideline v1.7*. Microsoft Corporation.
- OMS. (Octubre de 2012). *Centro de prensa: Caídas*. Obtenido de Organización Mundial de la Salud: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs344/es/>
- Oropeza Salas, J. M. (2012). *Desarrollo de un ambiente virtual para la rehabilitación de las extremidades superiores*. Puebla: BUAP.
- Raskin, S. A. (2010). Current Approaches to Cognitive Rehabilitation. En *Handbook of Medical Neuropsychology* (págs. 505-517). Hartford CT, EU: Springer Science+Business Media.
- Raymakers, C., Coninx, K., & González Calleros, J. M. (2010). Design and engineering of game-like virtual and multimodal environments. *2nd ACM SIGCHI Symposium on engineering interactive computing system* (págs. 363-364). Berlín: ACM.
- Rocha Does, A., Palmares Carvalho, I., Fernando, B., Almedia, I., Guerreiro, S., Leitão, M., . . . Castro-Caldas, A. (2011). Serious Games: Are They Part of the Solution in the Domain of Cognitive Rehabilitation? *LNCS 6944* (págs. 95-105). Berlin: Springer.
- Russell, N., ter Hofstede, A., Adams, M., & Wil, v. d. (2009). *Modern Business Process Automation: YAWL and its Support Environment*. Springer. Obtenido de YAWL Leading the world in process innovation: [http://www.yawlfoundation.org/yawlbook/slides/chapter02\\_part1.ppt](http://www.yawlfoundation.org/yawlbook/slides/chapter02_part1.ppt)
- Sardinero Peña, A. (2010). *Guía básica ESTIMULACIÓN COGNITIVA PARA ADULTOS*. Gesfomedia.
- The YAWL Foundation. (2013). *YAWL*. Obtenido de YAWL Leading the world in process innovation: <http://www.yawlfoundation.org/>
- Vanderdonckt, J. (2008). Model-Driven Engineering of User Interfaces: Promises, Successes, and Failures. *5th Anual Romanian Conference on Human-Computer Interaction* (págs. 1-10). Iasi, Romania: ISSN.

## DESARROLLO DE ESPACIOS VIRTUALES PARA ENTRENAMIENTO DE LAS ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA

Wiemeyer, J., & Kliem, A. (2011). *Serious games in prevention and rehabilitation - a new panacea for elderly people?* Darmstadt: Springer.

Wigdor, D., & Wixon, D. (2011). *Brave NUI World*. Morgan Kaufmann.

Zyda, M. (2005). From visual simulation to virtual reality to games. *Computer*, 26.